

REVISTA CHILENA DE PEDIATRÍA

www.elsevier.es/RCHP



ARTÍCULO ORIGINAL

Factibilidad de la interpretación de espirometrías en preescolares según criterios ATS/ERS



Roberto Donaire M.¹, Scarlett González A.², Ana Moya I.³, Laura Fierro T.⁴, Pablo Brockmann V.⁵, Solange Caussade L.^{5,*}

1. Médico Cirujano, CESFAM San Alberto Hurtado, Santiago, Chile

2. Kinesiólogo, CESFAM Las Américas, Talca

3. Enfermera Universitaria, División Pediatría, Pontificia Universidad Católica de Chile

4. Técnico Superior en Enfermería, División Pediatría, Pontificia Universidad Católica de Chile

5. Especialista en Enfermedades Respiratorias Pediátricas, División Pediatría, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile

Recibido el 09 de diciembre de 2013, aceptado el 16 de enero de 2015

PALABRAS CLAVE

Espirometría;
preescolar;
pruebas de función
respiratoria;
función pulmonar

Resumen

Introducción: La espirometría es el examen más utilizado para evaluar la función pulmonar. El año 2007 se publicaron guías que definieron criterios de aceptabilidad y repetibilidad para su realización e interpretación en preescolares. Nuestro objetivo fue describir las espirometrías de pacientes de este grupo etario según el cumplimiento de estos criterios. **Pacientes y Método:** Se revisaron las espirometrías basales de pacientes de 2 a 5 años realizadas en el Laboratorio de Función Pulmonar Pediátrico de la P. Universidad Católica de Chile derivados por tos o sibilancias recurrentes o persistentes. Se consideraron solo las obtenidas en pacientes que la realizaban por primera vez. Se analizaron según criterios internacionales. **Resultados:** Se obtuvieron 93 espirometrías (edad promedio $57,4 \pm 8,6$ meses, 48 varones): 44 (47%) tuvieron todos los criterios aceptables, 87 (93%) obtuvieron un tiempo espiratorio $\geq 0,5$ segundos, 67 (72%) de los pacientes tuvieron un flujo espiratorio de final de espiración en valor $\leq 10\%$ del flujo espiratorio máximo. La variabilidad de las mediciones de capacidad vital forzada (CVF) y volumen espirado al primer segundo (VEF1) fue muy baja (coeficiente de correlación intraclase $> 0,9$). **Conclusión:** En nuestro centro fue factible cumplir criterios de aceptabilidad y repetibilidad en espirometrías en preescolares, semejante a descripciones previas. Al igual que en niños mayores, se recomienda realizar este examen en preescolares que requieren estudio de la función pulmonar. © 2015 Sociedad Chilena de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

*Autor para correspondencia:

Correo electrónico: solangecaussade@gmail.com (Solange Caussade L.).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.04.018>

0370-4106/ © 2015 Sociedad Chilena de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Spirometry;
Pre-School Children;
Pulmonary Function
Tests;
Lung Function

Spirometry interpretation feasibility among pre-school children according to the European Respiratory Society and American Thoracic Society Guidelines**Abstract**

Introduction: Spirometry is the most used test to evaluate pulmonary function. Guidelines that defined acceptability and repeatability criteria for its implementation and interpretation among preschoolers were published in 2007. Our objective was to quantify the actual compliance with these criteria among pre-school patients. **Methods:** A review was performed on the baseline spirometry measured in patients aged 2 to 5 years in the Pediatric Respiratory Laboratory of the Pontificia Universidad Católica de Chile, who were admitted due to recurrent or persistent coughing or wheezing. Only those results obtained in patients who took the test for the first time were considered. They were analyzed by international standards. **Results:** A total of 93 spirometry results (mean age 57.4 ± 8.6 months, 48 males) were obtained, of which 44 (47%) met all acceptable criteria, 87 (93%) obtained expiratory time of ≥ 0.5 seconds, and 67 (72 %) of the patients had an end-expiratory flow of $\leq 10\%$ from peak flow. The variation in the measurement of forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in one second (FEV1) was very low (intraclass correlation coefficient > 0.9). **Conclusion:** It was possible to meet the acceptability and repeatability criteria for spirometry among pre-school children in our Center, which was similar to previous reports. As in older children, this test is fully recommended for pre-school children who require lung function studies.

© 2015 Sociedad Chilena de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons CC BY-NC ND Licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En niños mayores y adultos con asma bronquial y otras enfermedades respiratorias crónicas, la espirometría es el método más utilizado para evaluar la función pulmonar^{1,2}. Desde que se demostró que en niños en edad preescolar era posible obtener maniobras espiratorias forzadas³⁻¹⁰, se inició un trabajo de consenso entre expertos de la Sociedad Americana de Tórax (ATS) y la Sociedad Europea de Enfermedades Respiratorias (ERS), el cual concluyó el año 2007 con la publicación de recomendaciones para la realización e interpretación de este y otros métodos para evaluar la función pulmonar a esta edad¹¹. En relación a la espirometría, se plantearon criterios de aceptabilidad y repetibilidad propios para preescolares, fundamentados en sus menores volúmenes pulmonares, y en la desproporción entre tamaño de la vía aérea en relación a este menor volumen pulmonar^{2,6,11}. Algunos autores extranjeros han evidenciado buenos resultados al aplicar estos nuevos criterios¹²⁻¹⁴; sin embargo, no se dispone de estudios al respecto en preescolares chilenos.

La hipótesis de este estudio planteó que en niños chilenos en edad preescolar, con sibilancias y/o tos recurrente o persistente, quienes realizan espirometría por primera vez, se logra una alta aceptabilidad y repetibilidad siguiendo los nuevos criterios ATS/ERS. Los objetivos del presente estudio fueron: 1) describir el porcentaje de éxito de cada uno de los criterios de aceptabilidad, y 2) calcular la repetibilidad de las mediciones de volúmenes y flujos espiratorios.

Pacientes y Método

Diseño

Estudio descriptivo, basado en la revisión de las curvas flujo/volumen, volumen/tiempo y los valores absolutos de volúmenes y flujos espiratorios forzados obtenidos por espirometrías en niños en edad preescolar con tos y/o sibilancias recurrentes o persistentes. Se incluyeron todos los pacientes que fueron derivados al Laboratorio de Función Pulmonar Pediátrico de la Pontificia Universidad Católica de Chile durante el período comprendido entre febrero y julio del año 2012. Para los análisis solo se consideró la espirometría basal y solo se analizaron las espirometrías de pacientes que la realizaban por primera vez.

Se incluyeron solo pacientes en período asintomático, sin uso de broncodilatador de acción corta por 8 horas o de acción prolongada por al menos 12 horas. No se suspendieron medicamentos de mantenimiento. El equipo utilizado fue un espirómetro Schiller SP-100, Suiza (sistema circuito abierto, neumotacógrafo tipo Lilly), sin incentivo. Este se calibró diariamente con jeringa de 3 litros, registrando condiciones ambientales.

La técnica utilizada para la realización del procedimiento fue: paciente de pie, con o sin pinza nasal, según se obtuviesen mejores resultados. Se solicitó una inspiración máxima, se colocó la boquilla del neumotacógrafo y se le pidió que realizara en forma inmediata una espiración forzada, intentando que esta tuviese una duración de al menos 1 segundo. Se realizó un máximo de 12 esfuerzos.

Para evaluar la aceptabilidad de las curvas espirométricas se analizaron (figs. 1 y 2):

I. Curva volumen-tiempo:

1. Volumen de extrapolación retrógrada (VER): debe ser inferior al 12,5% de la capacidad vital forzada (CVF) o inferior a 80 ml. Se evaluó de manera visual en las curvas, ya que el espirómetro utilizado está programado para informar VER con criterios de adultos y niños mayores (indica VER superior al 5% de la CVF o superior a 150 ml).
2. Ascenso rápido.
3. Tiempo espiratorio $\geq 0,5$ segundos: es el tiempo de duración de la espiración; se midió con regla milimetrada.

II. Curva flujo/volumen:

1. Sin VER (iguales consideraciones que en curva volumen-tiempo).
2. Ascenso rápido hasta llegar a flujo espiratorio máximo (FEM).
3. FEM bien definido.
4. Fase de descenso suave y gradual.
5. El final de la espiración puede ocurrir antes de llegar al eje horizontal siempre y cuando este término no sea superior en un 10% del FEM. Se midió con regla milimetrada.

Para evaluar la repetibilidad debieran obtenerse al menos dos esfuerzos aceptables. La CVF y el volumen espiratorio forzado al primer segundo (VEF1) no deben mostrar variación en más de 100 ml o 10% entre estas dos mediciones. Las variables analizadas fueron: CVF, VEF0,5 (volumen espiratorio forzado en 0,5 segundos), VEF1 (volumen espiratorio forzado en 1 segundo) y FEF 25-75 (flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la CVF).

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile (proyecto n° 12240).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables demográficas y espirométricas de los sujetos. Además, se usaron los siguientes métodos estadísticos: 1) t de Student para compa-

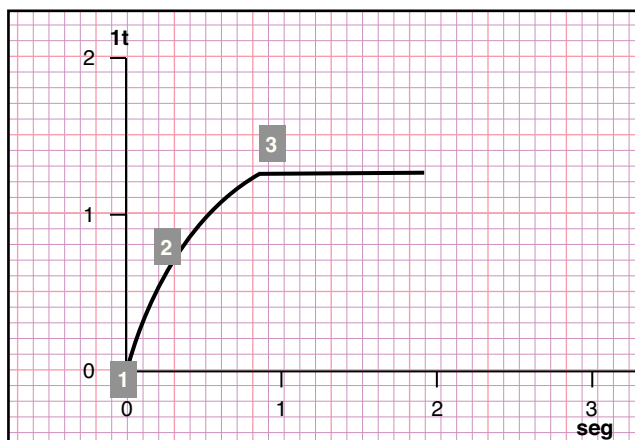


Figura 1 Criterios de aceptabilidad curva volumen/tiempo.

1. Volumen de extrapolación retrógrada.
2. Ascenso.
3. Tiempo espiratorio. En este caso es de 0,8 segundos.

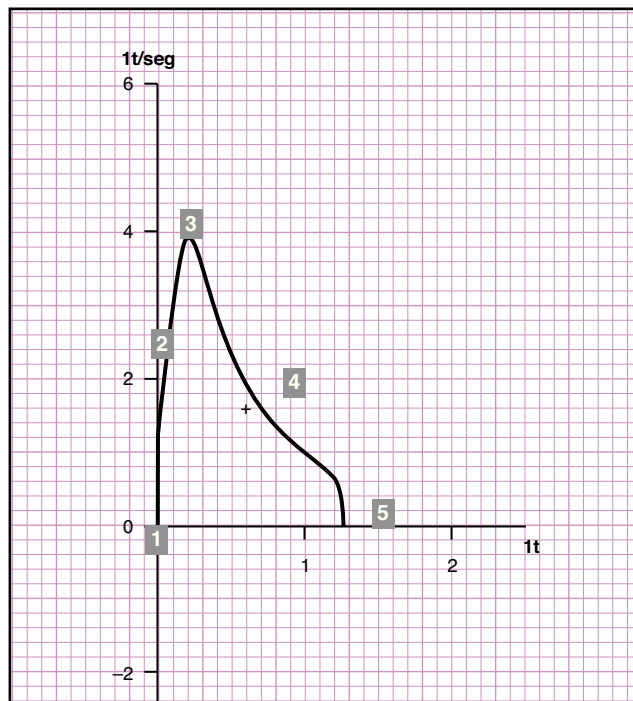


Figura 2 Criterios de aceptabilidad curva flujo/volumen.

1. Volumen de extrapolación retrógrada.
2. Ascenso.
3. Flujo espiratorio máximo.
4. Descenso.
5. Fin de la espiración. En este caso es $<10\%$ del flujo espiratorio máximo.

ración de variables de distribución normal, considerando valor significativo un valor de $p < 0,05$; 2) regresión logística para relacionar el cumplimiento de criterios de aceptabilidad con la edad; 3) se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI)⁶, cuya utilidad es la evaluación de la concordancia entre mediciones, en este caso de volúmenes y flujos espiratorios, calculando la proporción de varianza intraindividual total. El rango varía entre 0 y 1, siendo el valor 1 la mayor concordancia. Se considera muy buena concordancia un CCI entre 0,71 y 0,9, y excelente un valor mayor de 0,9.

Resultados

Durante el periodo estudiado se realizaron 126 espirometrías en niños de edad preescolar, de las cuales 93 correspondieron a un examen realizado por primera vez. En la tabla 1 se muestran las características generales de estos pacientes.

Cuarenta y cuatro pacientes (47%) cumplieron los tres criterios requeridos para considerar aceptable la curva volumen/tiempo, además de los cinco criterios necesarios para considerar aceptable la curva flujo/volumen. En relación al cumplimiento de cada uno de los criterios de aceptabilidad de la curva volumen /tiempo, los resultados son los siguientes:

1. Sin VER: 86/93 (93%).
2. Ascenso rápido: 84/93 (90%).
3. Tiempo espiratorio $\geq 0,5$ segundos: 87/93 (94%). Seis pacientes (6,5%) espiraron menos de 0,5 segundos,

Tabla 1 Características de la población estudiada

Características	Valores
n	93
Sexo masculino, n (%)	50 (54)
Edad (meses), $x \pm DE$	57,4 \pm 8,6
Talla (cm), $x \pm DE$	109,4 \pm 6,8
Peso (kg), $x \pm DE$	20,4 \pm 3,7
IMC (kg/m ²), $x \pm DE$	16,9 \pm 2,04

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; x: media.

20 (21,5%) entre 0,5 y 0,9 segundos, y 67 (72%) \geq 1 segundo. El tiempo espiratorio promedio fue de 1,25 \pm 0,55 segundos. El análisis por t de Student no mostró diferencia significativa en la duración del tiempo espiratorio según edad ni sexo.

El cumplimiento de criterios de aceptabilidad de la curva flujo/volumen se muestran en la figura 3. Según el análisis de regresión logística, no se encontró relación entre la edad y el cumplimiento de los criterios de aceptabilidad.

Cuarenta y nueve pacientes (53%) fallaron en el cumplimiento de al menos uno de estos ocho criterios. El que no se obtuvo con mayor frecuencia fue el término adecuado de la espiración en la curva flujo/volumen (n = 26), luego FEM definido (n = 22), descenso adecuado (n = 21) y ascenso adecuado en curva flujo/volumen (n = 18). Se observó VER en seis espirometrías, el ascenso adecuado no ocurrió en nueve curvas volumen/tiempo, y el tiempo espiratorio fue menor a 0,5 segundos en seis exámenes.

Para los análisis de repetibilidad se consideraron 87 espirometrías de pacientes que realizaron dos o tres esfuerzos \geq 0,5 segundos de duración: 66/87 (76%) mostraron variabilidad de CVF menor del 10%. De los 67 que lograron un tiempo espiratorio igual o mayor a 1 segundo, 52 tuvieron una variabilidad menor del 10%.

En la figura 4 se muestran los coeficientes de correlación intraclase para cada variable espirométrica según la edad,

observando un grado excelente para CVF y VEF1 en los tres grupos etarios estudiados. VEF 0,5 y FEF 25-75 muestran grado excelente solo en el grupo mayor de 5 a 6 años.

Discusión

Los niños en edad preescolar representan uno de los mayores desafíos para la medición de la función pulmonar, ya que se requiere de su comprensión, coordinación y colaboración para obtener maniobras aceptables y repetibles^{1,2,11}. En los estudios iniciales realizados en niños de esta edad se observaba que en algunos casos el tiempo exhalatorio era menor de 1 segundo, es decir, no lograban expresar el VEF1¹⁻⁴. Se propuso entonces que si el niño lograba una curva flujo/volumen aceptable bastaba una espiración de al menos 0,5 segundos (VEF 0,5) para interpretar el examen^{6,10,11}. Otro aspecto importante fue definir la repetibilidad entre los esfuerzos, considerando CVF y VEF1. Para niños mayores, estos parámetros no deben variar en \pm 5% entre los mejores dos valores¹⁵. En preescolares, debido a sus menores volúmenes pulmonares, la variación no debe sobrepasar un 10% entre los dos mejores valores^{1,10,11}.

Nuestro estudio describe los resultados obtenidos según los criterios de aceptabilidad y repetibilidad propuestos por las guías internacionales para interpretar espirometrías en pacientes en edad preescolar¹¹. En nuestros pacientes que realizan este examen por primera vez se obtiene un cumplimiento completo de estos criterios en prácticamente la mitad de los casos, resultados semejantes a los descritos por otros autores: Gaffin et al.¹² obtuvieron dos o más esfuerzos adecuados en el 66% de los pacientes que realizan espirometría por primera vez, logrando cumplir aceptabilidad y repetibilidad en el 54,4%. Burity et al.¹³ seleccionaron niños sanos, obteniendo en el 46,5% curvas con todos sus parámetros aceptables, siendo el factor determinante el término de la espiración. Veras et al.¹⁴ lograron un 82% de esfuerzos interpretables, y el 100% de VEF1 en pacientes con y sin experiencia en la realización de espirometría. Recientemente, Santos et al.¹⁶ refirieron un 88% de curvas aceptables y reproducibles en pacientes con síntomas respiratorios

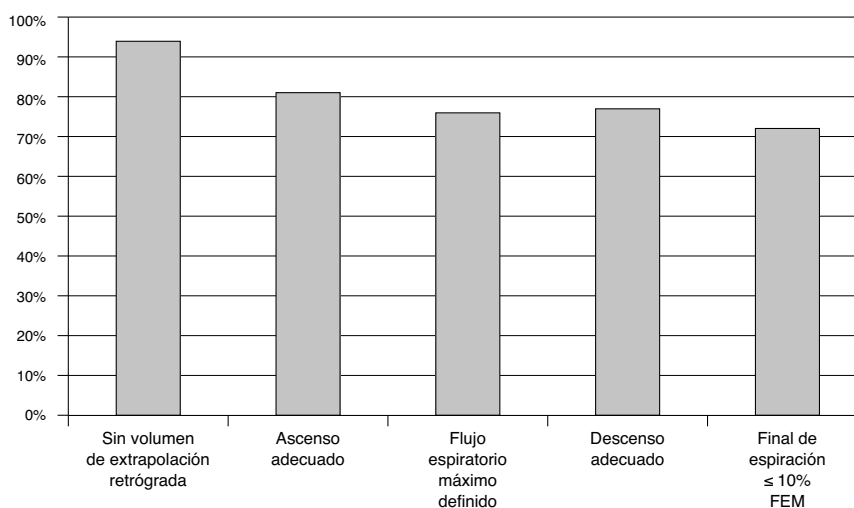


Figura 3 Cumplimiento de los criterios de aceptabilidad en la curva flujo/volumen.

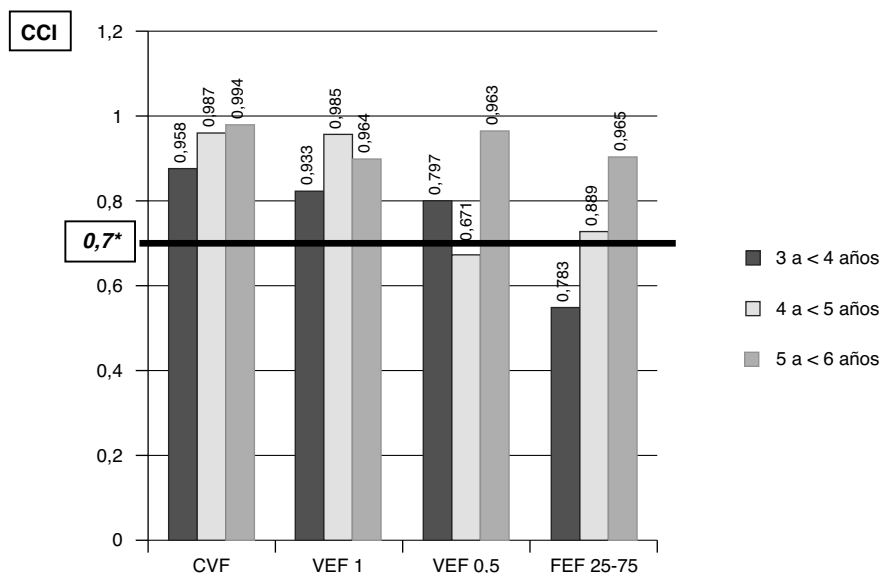


Figura 4 Coeficiente de correlación intraclase según edad para volúmenes y flujos espiratorios forzados. CVF: capacidad vital forzada; FEF 25-75: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la CVF; VEF 1: volumen espirado al primer segundo; VEF 0,5: volumen espirado al primer medio segundo.

*valores $\geq 0,7$: muy buenos.

recurrentes, los cuales en un 7,2% tenían experiencia en la realización de espirometría. Además, encontraron relación entre obtención de VEF1 y edad.

A diferencia de estudios anteriores^{12,14,17}, en el actual no se usó programa animado con el fin de incentivar la realización de mejores maniobras espiratorias. Estos *software* con incentivo muestran una efectividad variable, ya que algunos estimulan solo una fase de la espiración (FEM o duración del tiempo espiratorio), y por otro lado algunos niños se distraen^{11,18-21}. En nuestro laboratorio, el logro de espirometrías de buena calidad podría explicarse por el adecuado entorno y calidad técnica del operador, los cuales han sido descritos como factores determinantes^{1,6,11}. En el mismo sentido, en la mayoría de nuestros pacientes no se utilizó pinza nasal; en escolares se ha visto que con su uso no se obtienen mejores maniobras^{11,20}.

Con respecto a cada criterio de aceptabilidad de las curvas volumen/tiempo y flujo/volumen, el primero que analizamos fue el volumen de extrapolación retrógrada (VER). Este se refiere al volumen espirado que algunos pacientes pierden previo al inicio de la espiración forzada, debido a una pausa al final de la inspiración realizada antes de espirar¹¹. Al no contar con un informe numérico por parte de nuestro espirómetro, determinamos la presencia de VER visualizando el inicio de ambas curvas, método que es aceptado por expertos^{10,11}. Este criterio fue el que menos falló.

La duración del tiempo espiratorio no mostró diferencia según edad, a diferencia de lo reportado previamente en otros estudios^{14-16,22}. La mayor parte de los pacientes espiraron 0,5 o más segundos, asegurando una adecuada expresión de la capacidad vital forzada. De ellos, 26 no lograron VEF1, es decir, no alcanzaron a espirar durante un segundo, por lo que en estos casos fue útil la evaluación de los volúmenes espirados en 0,5 (VEF0,5) y 0,75 (VEF0,75) segundos¹¹. Se ha

sugerido que el espirómetro ideal debiera graficar ambas curvas con ambos ejes milimetrados, con el fin de proporcionar exactitud para la medición del tiempo espiratorio¹³.

Se logró un flujo espiratorio máximo (FEM) aceptable en el 76% de los pacientes. El éxito en este parámetro traduce un esfuerzo muscular espiratorio inicial adecuado, el cual ocurre a volúmenes pulmonares aún altos. Luego el niño debe seguir espirando hasta llegar a volumen residual, para expresar su CVF. El final de la espiración observado en la curva flujo/volumen ha sido el aspecto más discutido: inicialmente algunos autores aceptaban valores $\leq 25\%$ del FEM⁶ o usaban valores absolutos (≤ 300 ml/s)^{5,13,23}. Burity¹³ realizó espirometrías en 240 niños sanos, y no encontró diferencias significativas en el valor absoluto de CVF entre niños que finalizaban su espiración a flujos inferiores al 10% del FEM y los que graficaban una espiración hasta el eje horizontal (volumen residual). Este final abrupto en niños en edad preescolar se debe al rápido vaciamiento pulmonar descrito anteriormente. Los espirómetros actuales no informan este valor; por lo tanto, también el técnico se basa en su inspección visual; en nuestro estudio fue medido manualmente con regla milimetrada. Este parámetro fue el que menos se cumplió en nuestros pacientes. Sin embargo, se ha descrito que en niños mayores, el final de la espiración es también el criterio de menor cumplimiento²¹.

La mayoría de los pacientes realizó esfuerzos espiratorios repetibles. Eso se confirma con el grado excelente del CCI para CVF y VEF1 en los tres grupos etarios estudiados. El hecho de obtener valores confiables de CVF permite interpretar correctamente los valores de flujos espiratorios forzados, los cuales tienen utilidad para la detección precoz de obstrucción de vía aérea periférica¹¹.

No encontramos diferencias por edad en varios aspectos analizados (tiempo espiratorio, cumplimiento de criterios

de aceptabilidad), lo que podría explicarse por una muestra insuficiente. Además, se podrían haber obtenido mejores resultados en aceptabilidad solicitando al paciente un mayor número de esfuerzos, lo que no era posible, ya que se requería nuevamente su colaboración para la espirometría posbroncodilatador. Esto también se podía lograr usando incentivo computacional en algunos pacientes, herramienta que no incluía el espirómetro utilizado. Por otro lado, hubiese sido interesante comparar estos resultados con los obtenidos en preescolares con experiencia previa en realizar espirometría, pero el número con el cual contábamos de esa muestra (n = 33) era escaso.

En la literatura no se hace referencia a la interpretación de espirometrías que no cumplen con los ocho requisitos de aceptabilidad. En las guías ATS/ERS se mencionan variables fundamentales de cumplirse, como son un tiempo espirado mayor o igual a 0,5 segundos (que determinará una CVF representativa), un FEM definido (que traduce un adecuado esfuerzo muscular espiratorio), y un final de la espiración a velocidad de flujo menor a 10% del FEM (que también influirá en el valor de la CVF)¹¹.

Conclusión

Si se considera el cumplimiento de todos los parámetros de aceptabilidad propuestos por las guías internacionales, en este estudio se obtuvieron espirometrías exitosas en el 47% de los casos. La repetibilidad fue adecuada en los casos en que se logró obtener dos o más esfuerzos de $\geq 0,5$ segundos de duración. El 53% de nuestras espirometrías no cumple con la totalidad de estos requisitos de aceptabilidad; sin embargo, podrían ser interpretadas exigiendo al menos la presencia de aquellos que son fundamentales según las guías internacionales, mencionados anteriormente. Al no contar con guías para la evaluación de estas espirometrías que podrían ser válidas, sería útil disponer de una escala de valoración que permita optimizar el rendimiento de este examen en pacientes en edad preescolar.

Conflicto de interés

Este trabajo cumple con los requisitos sobre consentimiento/asesentimiento informado, comité de ética, financiamiento, estudios animales y sobre la ausencia de conflictos de intereses según corresponda.

Referencias

1. Kozłowska W, Aurora P: Spirometry in the pre-school age group. *Paediatr Respir Rev* 2005; 6: 267-72.
2. Davis S: Spirometry. *Paediatr Respir Rev* 2006;7S:11-13
3. Kanengiser S, Dozor AJ: Forced expiratory maneuvers in children aged 3 to 5 years. *Pediatr Pulmonol* 1994; 18: 144-9.
4. Crenesse D, Berlioz M, Bourrier T, Albertini M: Spirometry in children aged 3 to 5 years: reliability of forced expiratory maneuvers. *Pediatr Pulmonol* 2001; 32: 56-61.

5. Vilozni D, Barker M, Jellouschek H, Heimann G, Blau H: An interactive computer-animated system (SpiroGame) facilitates spirometry in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 2200-5.
6. Eigen H, Bieler H, Grant D, Christoph K, Terrill D, Heilman DK, Ambrosius WT, Tepper RS: Spirometric pulmonary function in healthy preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 619-23.
7. Marostica PJ, Weist AD, Eigen H, Angelicchio C, Christoph K, Savaje J, Grant D, Tepper RS: Spirometry in 3- to 6- year old children with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 67-71.
8. Nystad W, Samuelsen SO, Nafstad P, Edvardsen E, Stensrud T, Jaakkola JJK: Feasibility of measuring lung function in preschool children. *Thorax* 2002; 57: 1021-7.
9. Zapletal A, Chapulova J: Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol* 2003; 35: 200-7.
10. Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparadis G, Bush A: Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169: 1152-9.
11. An Official American Thoracic Society /European Respiratory Society Statement: Pulmonary Function Testing in Preschool Children. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175: 1304-45.
12. Gaffin JM, Lichtenberg N, Martin TR, Phipatanakul W: Clinically useful spirometry in preschool-aged children: evaluation of the 2007 American Thoracic Society guidelines. *J Asthma* 2010; 47: 762-7.
13. Burity EF, De Castro Pereira CA, Rizo JA, Cavalcanti Sarinho ES, Jones MH: Early termination of exhalation: Effect on spirometric parameters in healthy preschool children. *J Bras Pneumol* 2001; 37: 464-70.
14. Veras TN, Pinto LA: Feasibility of spirometry in preschool children. *J Braz Pneumol* 2011; 37: 69-74.
15. Loeb JS, Blower WC, Feldstein JF, Koch BA, Munlin AL, Hardie WD: Acceptability and repeatability of spirometry in children using updated ATS/ERS criteria. *Pediatr Pulmonol* 2008; 43: 1020-4.
16. Santos N, Almeida I, Couto M, Morais-Almeida M, Borrego LM: Feasibility of routine respiratory function testing in preschool children. *Rev Port Pneumol* 2013; 19: 38-41.
17. Vilozni D, Barak A, Efrati O, Augarten A, Springer C, Yahav Y, Bentur L: The role of computer games in measuring spirometry in healthy and "asthmatic" preschool children. *Chest* 2005; 128: 1146-55.
18. Gracchi V, Boel M, van der Laag J, van der Ent CK: Spirometry in Young children: should computer-animation programs be used during testing? *Eur Respir J* 2003; 21: 872-5.
19. Kozłowska W, Aurora P, Stocks J: The use of computer-animation programs during spirometry in preschool children. *Eur Respir J* 2004; 23: 494-5.
20. Chavasse R, Johnson P, Francis J, Balfour-Lynn I, Rosenthal M, Bush A: To clip or not to clip? Noseclips for spirometry. *Eur Respir J* 2003; 21: 876-8.
21. Loeb JS, Blower WC, Feldstein JF, Koch BA, Munlin AL, Hardie WD: Acceptability and repeatability of spirometry in children using updated ATS/ERS criteria. *Pediatr Pulmonol* 2008; 43: 1020-4.
22. Hernández J, Sánchez I, Aranda D, Campos E, Holmgren N, Bertrand P, Caussade S: Utilidad de la espirometría en preescolares de 4 y 5 años. *Rev Chil Enf Respir* 2006; 22: 31-6.
23. Linares M, Contreras I, Cox PP, Burgos C, Lara J, Meyer R: Evaluación del rendimiento de la espirometría en preescolares sanos con estandarización adaptada a este grupo etario. *Rev Chil Enf Respir* 2006; 22: 155-63.