

Ecuaciones de predicción sobre oscilometría de impulso sobre niños sanos entre 3 y 7 años en la ciudad de Bogotá *

Luisa Fernanda Guantiva Vargas
Cindy Zhang Gao
Jhon Felipe Delgado Salazar
Sonia Maria Restrepo Gualteros
Carlos Enrique Rodriguez Martinez

21 de agosto de 2024

Resumen

Existen numerosos estudios de valores de referencia para la función pulmonar a nivel global dado que las enfermedades de la vía aérea pequeña, como el asma, son muy comunes en la infancia y una de las principales causas de morbilidad en niños a nivel global. En Colombia, la oscilometría de Impulso es una técnica no invasiva que se puede realizar desde los 3 años, pero la cantidad de estudios para niños de esta región es limitado, por lo tanto, es esencial establecer valores de referencia específicos para mejorar el diagnóstico y tratamiento de problemas respiratorios en estos niños.

Palabras clave: Salud respiratoria pediátrica, Oscilometría de impulso, Valores de referencia, Problemas respiratorios, Ecuaciones de predicción.

JEL: I10, I12, I19.

*First draft for comments. Please do not circulate.

1. Introducción

La oscilometría de impulso (IOS) ha emergido como una técnica no invasiva y eficaz para evaluar la mecánica pulmonar durante la respiración normal, especialmente útil en población pediátrica. A diferencia de otras pruebas de función pulmonar como la espirometría, la IOS proporciona información detallada sobre la resistencia y reactancia del sistema respiratorio sin requerir maniobras forzadas o grandes esfuerzos por parte del paciente. Esto la hace particularmente valiosa para evaluar la función pulmonar en niños pequeños, que a menudo tienen dificultades para realizar pruebas que requieren cooperación activa.

Sin embargo, la interpretación precisa de los resultados de la IOS requiere ecuaciones de referencia específicas, que han sido escasamente desarrolladas para ciertas poblaciones, especialmente en América Latina. Los valores de referencia pueden variar significativamente según factores étnicos, geográficos y ambientales, incluyendo la altitud. Esto subraya la importancia de establecer valores de referencia específicos para grupos particulares, como los niños que viven a la altura de Bogotá (2640 m sobre el nivel del mar).

En Colombia, la oscilometría se puede realizar desde los 3 años, pero hay una notable escasez de publicaciones sobre su interpretación en niños de esta región. Esta carencia de datos de referencia locales dificulta la evaluación precisa de la función pulmonar en niños colombianos, potencialmente llevando a diagnósticos inexactos o tardíos de enfermedades respiratorias como el asma, que son comunes en la infancia.

El presente estudio busca abordar esta brecha crucial en el conocimiento mediante el desarrollo de ecuaciones de predicción para parámetros de IOS en niños sanos entre 3 y 7 años en la ciudad de Bogotá. Establecer estos valores de referencia específicos para la población local es esencial para mejorar el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de problemas respiratorios.

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño del estudio y población

Se realizó un estudio observacional analítico de corte transversal en niños sanos de 3 a 7 años residentes en Bogotá, Colombia, ciudad ubicada a 2640 metros sobre el nivel del mar. El reclutamiento se llevó a cabo entre agosto de 2019 y febrero de 2020 en el Hospital Santa Clara y el Hospital Militar Central. El estudio fue aprobado por los comités de ética de ambas instituciones participantes y se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki, el Informe Belmont, las Pautas CIOMS y la normativa colombiana establecida por la Resolución 8430 de 1993.

Los participantes fueron seleccionados de las consultas de crecimiento y desarrollo, previo consentimiento informado de los padres y asentimiento de los niños de 7 años. Se incluyeron niños sin enfermedades crónicas (cardíacas, hepáticas, renales y respiratorias, incluyendo asma, sibilancias, rinosinusitis), sin antecedentes de prematuridad, neumonía, bronquiolitis o exposición regular al tabaco ambiental o humo de biomasa, y sin morbilidad respiratoria aguda en los últimos 15 días. Se excluyeron pacientes con sospecha de apnea del sueño/síndrome de hipopneas o reflujo gastroesofágico, y aquellos que no hubieran vivido en Bogotá en el último año.

Se realizaron mediciones antropométricas completas, incluyendo peso, altura e IMC. La edad se registró con una precisión de un decimal. La altura se midió con un estadiómetro con precisión de 1 mm, y el peso con escalas precisas, con el paciente en ropa ligera y descalzo. Se midieron parámetros de impedancia respiratoria incluyendo resistencias (R5, R20), reactancia (X5), frecuencia de resonancia (Fres), área de reactancia (AX) y la diferencia entre R5 y R20 (R5-R20).

La oscilometría de impulso (IOS) se realizó utilizando el equipo JAEGER™ Vyntus™, calibrado diariamente. El protocolo incluyó 3 mediciones basales de 30 segundos cada una, con 1 minuto de diferencia entre ellas, seguidas de la administración de 400 mcg de salbutamol con espaciador y 3 mediciones post-broncodilatador después de 20 minutos. Los criterios de aceptabilidad incluyeron una coherencia de al menos 0,7 a 5 Hz y 0,9 a 10 Hz.

La recolección de datos se vio interrumpida prematuramente debido a la pandemia de COVID-19 y el cierre de los laboratorios de función pul-

monar desde marzo de 2020, lo que limitó el tamaño muestral final a 70 participantes.

2.2. Análisis estadístico y estimación ecuaciones

Se realizó un análisis descriptivo univariado de las variables a partir de media y desviación estándar, presentando cuartiles de la distribución de las variables continuas. Fueron utilizadas pruebas t-student para realizar comparación de medias entre grupos (sexo). Se creó la matriz de correlación sobre los datos antropométricos de los niños, los datos se procesaron en R (Version 4.2.2)

Se ajustaron los modelos de regresión lineal para cada una de las variables predictoras de la IOS (R5, R20, X5, AX, Fres), se utilizó el método de stepwise y menor AIC (Criterio de información Akaike) para seleccionar el mejor modelo, se evaluó distribución de los residuales por medio de la prueba de normalidad Shapiro Wilk Test. Para selección de variables explicativas se descartaron con inflación de varianza (VIF).

3. Resultados

Un total de 70 oscilometrias, 31 niños (44.3 %) y 39 niñas (55.7 %) participaron, con una media de edad de $5,6 \pm 1,4$ y $5,8 \pm 1,3$ años respectivamente. La muestra presentó medianas de 19 Kg en peso, 111 cm en estatura, un IMC de 15.5 (kg/cm²) y un ASC de 0.76 m² para todos los niños. Los Parámetros o IOS en cmH₂O(L/s) para R5 fueron 9.4 y 8.0 pre y post broncodilatador respectivamente, presentando una respuesta de -12.3 %, el R20 (pre: 6.0 vs post: 5.5) con respuesta de -9.0 %, X5 presentó respuesta de 14.6 % (pre: -2.94 vs post: -2.68). La frecuencia (Fres) en HZ presentó un cambio de -12.2 % (pre: 28.3 vs post: 29.4) (Figura1) . Las diferencias entre los ambos sexos entre los valores de IOS nos mostró diferencia significativa al 5 %, solamente en X5 con un p-valor de 0.021. (Cuadro 1)

La tabla 2 muestra las correlaciones lineales entre los 4 parámetros de IOS y el peso, estatura y edad, mostrando una correlación lineal de pearson positiva entre X5 para todas las variables (peso=0.30, altura=0.19 y edad=0.39), siendo significativa para peso y edad. Por otro lado, la correlación más alta se presentó entre la edad y R5 ($\rho = -0.52$, p-valor < 0.01).

Variable	Niños		Niñas		p-valor
	media	sd	media	sd	
Edad(años)	5.6	1.4	5.8	1.3	0.623
Altura(cm)	110.8	11.5	113.0	12.2	0.453
Peso(Kg)	20.2	7.2	19.4	5.1	0.590
R5(kPa/(L/s))	0.9	0.2	0.9	0.2	0.501
R20(kPa/(L/s))	0.6	0.1	0.6	0.1	0.935
X5 (kPa/(L/s))	-0.28	0.07	-0.33	0.1	0.021
Fres(Hz)	28.1	4.7	28.9	4.5	0.478

Tabla 1: Tabla descriptiva

Además, la edad presentó la correlación significativa para los 4 parámetros de IOS.

	Peso(kg)	p-valor	Altura (cm)	p-valor	Edad (años)	p-valor
R5	-0.35	<0.01	-0.42	<0.01	-0.52	<0.01
R20	-0.24	0.04	-0.25	0.03	-0.37	<0.01
X5	0.30	<0.01	0.19	0.10	0.39	<0.01
Fres	-0.20	0.09	-0.24	0.04	-0.25	<0.01

Tabla 2: Correlación de Pearson entre variables de IOS

3.1. Modelos

Las tablas 4 y 3 muestran las ecuaciones de IOS para Niños y Niñas para R5, R20, X5, AX y Fres, evidenciando la edad como la de mayor influenciador en las regresiones lineales para ambos sexos exceptuando para Fres en niñas. Las ecuaciones fueron estimadas para niñas presentaron significancia al 5% en R5 y en Ax, mientras que para niños se dio en todas exceptuando en R20. Los valores de los R² ajustado fueron en promedio mejores para niños que para niñas. Se realizó verificación de supuestos a partir de distancias de cook sin encontrar datos atípicos relevantes para omitir en el ajuste de las ecuaciones.

La figura 2 presenta la recta de regresión lineal entre la edad y Fr, Rr20, Rrs5 y Xrs5. Los datos están separados por sexo. R5 presentó una correlación negativa con la edad, y un ajuste a la recta más fuerte en niños ($R^2 = 0,29$) que en niñas ($R^2 = 0,27$), de la misma forma R20 presenta una correlación negativa y un ajuste más fuerte en niñas ($R^2 = 0,09$) que

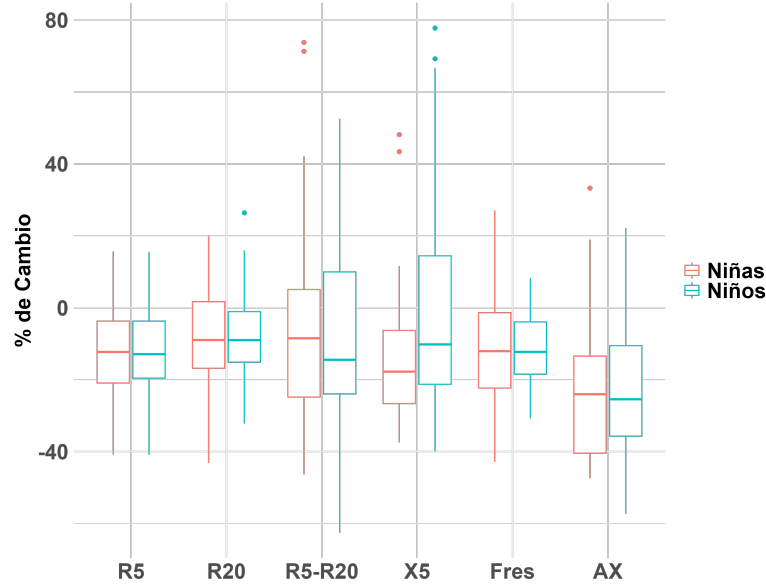


Figura 1: Distribución de porcentaje de cambio del broncodilatador en IOS

en niños ($R^2 = 0,05$). La Fr en niños no muestra una correlación con la edad de los, comparada con las niñas que tuvo un ajuste del R^2 de 0.14. Mientras tanto X5 es la única variable que presento una relación positiva con respecto a la edad y presentando un ajuste más fuerte a la recta para niñas ($R^2 = 0,24$) que niños ($R^2 = 0,15$)

La figura 3 muestra los ajustes lineales entre la altura en cm los mismos parámetros de IOS, evidenciando el mismo patrón de correlación negativa para Fr, R5 y R20 y positiva para X5. Tanto para R5 como R20 el ajuste a la recta fue más fuerte en niños que en niñas, siendo R20 de en niños ($R^2 = 0,09$) y niñas ($R^2 = 0,05$) y para R5 en niñas ($R^2 = 0,30$) y en niños ($R^2 = 0,20$). Mientras que en X5 se presentó una relación positiva con respecto a la altura, presentando un ajuste mejor en niños ($R^2 = 0,12$) que en niñas ($R^2 = 0,02$).

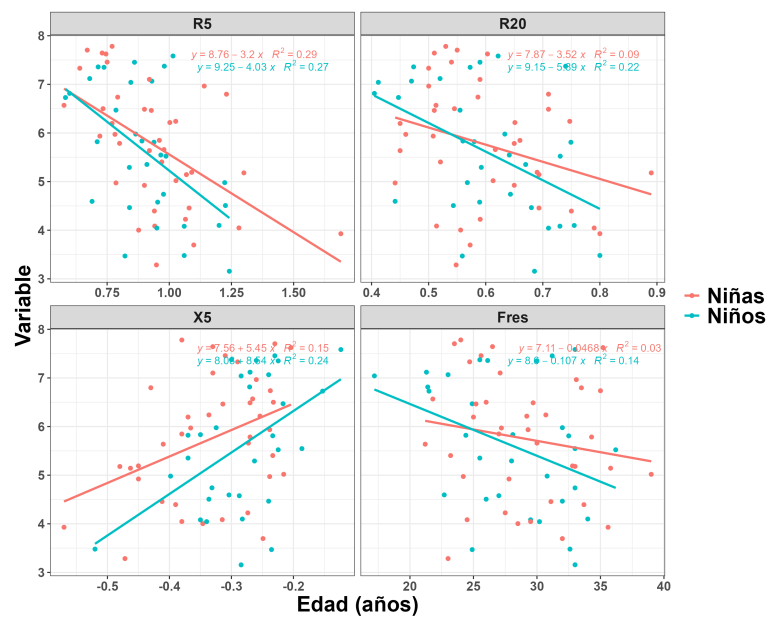


Figura 2: Regresiones para edad

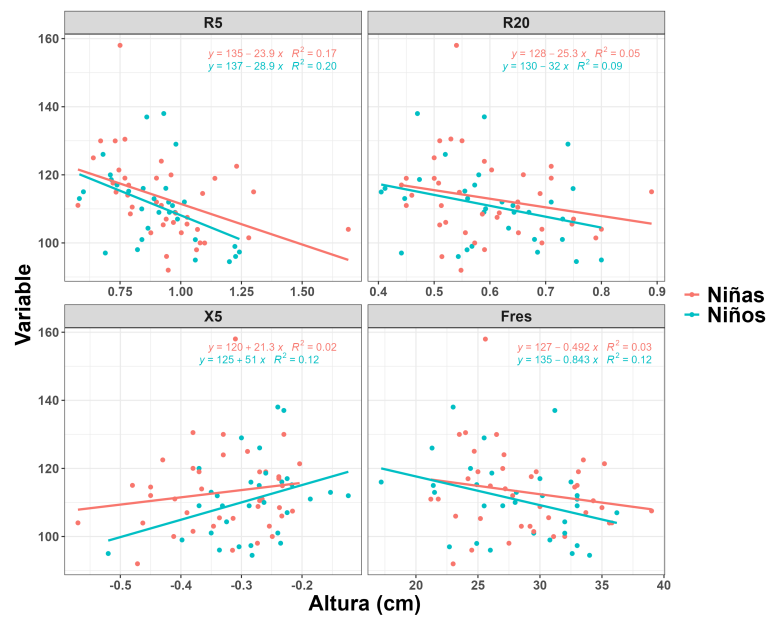


Figura 3: Regresiones para Altura

Var.	Ecuación	R ²	R ² Aj.	RSD	p-valor
R5	$1,2797 - (0,0709 \times E) + (0,0295 \times A)$	0.2742	0.2224	0.1549	0.0291
R20	$0,8153 - (0,0358 \times E) - (0,0156 \times A)$	0.2205	0.1648	0.0984	0.0564
X5	$-0,5363 + (0,0219 \times E) + (0,0081 \times I)$	0.2849	0.2338	0.0678	0.0254
AX	$6,3611 - (0,5282 \times E) + (0,0141 \times P)$	0.3049	0.2553	1.0176	0.0195
Fres	$35,2593 - (1,281 \times E)$	0.1365	0.1067	4.4307	0.0408

E: Edad, I: IMC, P: Peso, A: Altura

Tabla 3: Ecuaciones de referencia para variables de oscilometría por impulso en niños sanos

Var.	Ecuación	R ²	R ² Aj.	RSD	p-valor
R5	$1,4625 - (0,0912 \times E)$	0.2917	0.2725	0.1811	0.0004
R20	$0,7493 - (0,0259 \times E)$	0.0913	0.0667	0.1041	0.0616
X5	$-0,6029 + (0,0482 \times E) + (0,0148 \times I) - (0,2999 \times A)$	0.2188	0.1519	0.0825	0.0792
AX	$7,5630 - (0,5722 \times E)$	0.2566	0.2365	1.2403	0.0010
Fres	$29,9348 + (0,3061 \times I) - (7,4083 \times A)$	0.0345	-0.0192	4.5469	0.4281

E: Edad, I: IMC, P: Peso, A: Altura

Tabla 4: Ecuaciones de referencia para variables de oscilometría por impulso en niñas sanas

4. Discusión

En este estudio se muestra cómo las ecuaciones de IOS para Bogotá en niños representan un aporte significativo en la estandarización de pruebas de función pulmonar. Esto permite comparar entre niños sanos y aquellos con posible afectación en vías aéreas pequeñas, mejorando el diagnóstico. En muchas de las publicaciones propuestas por [1], [2], [3] muestran como las medidas antropométricas presentan asociación lineal con las IOS. Este estudio propone establecer unas ecuaciones de IOS como referencia para futuros estudios que puedan incluir diversidad en población colombiana.

En general, se observa que con el aumento de la edad, las resistencias (R20 y R5) y la frecuencia de resonancia (Fres) tienden a disminuir, mientras que la reactancia (X5) tiende a aumentar, sabiendo que la reactancia refleja el tejido elástico y compartimiento periférico del tórax en frecuencias bajas, resultados que tuvieron el mismo comportamiento en estudios como, [4], pero que en Gochicoa [2] no fue tan marcado al igual que en [5], donde incluso se realiza un ajuste polinomial. Estas tendencias son consistentes en ambos sexos (Tabla2), lo que sugiere una posible afectación de la muestra dependiendo de la variabilidad.

c, particularmente para Fres y AX en niñas como puede observarse en el anexo para los parámetros de referencia obtenidos por Assumpção [1] y en algunas variables de IOS en niños mexicanos y adolescentes.

El peso no parece influir significativamente en las ecuaciones de predicción de IOS en la mayoría de los estudios, incluyendo el nuestro. Estudios realizados en Polonia y Suecia demostraron que la inclusión del peso mejoró el coeficiente de determinación de algunos parámetros de IOS, pero otros factores como el sexo, la edad y el área de superficie corporal no tuvieron impacto [4]. De la misma manera, el sexo se considera una variable no predictiva para las ecuaciones de IOS, y al igual que en estudios realizados en niños mexicanos y egipcios a una altitud relativamente alta como la de Bogotá, no se encontró tampoco que fuera una variable significativa [2] [6].

Si bien este estudio proporciona un primer paso crucial para el desarrollo de ecuaciones de referencia para IOS en niños sanos de Bogotá, es importante reconocer que el tamaño de la muestra limita la generalización de los resultados. Además, ecuaciones de referencia resultantes ofrecen un marcador útil y concordancia con diferentes estudios, una investigación más exhaustiva con un mayor número de participantes fortalecería la confiabilidad de estas ecuaciones y ampliaría su aplicabilidad a la población infantil de Bogotá. Las diferencias con algunos autores pueden deberse al tamaño muestral por lo que un estudio con una muestra más amplia permitiría obtener una distribución de datos más robusta y reduciría la posibilidad de sesgos en las ecuaciones de referencia, mejorando su capacidad para representar la variabilidad normal de los parámetros de IOS en niños sanos de la ciudad.

5. Conclusión

En resumen, se ajustaron ecuaciones de IOS para niños de Bogotá entre 3 y 7 años a partir de datos demográficos, altura, peso, ASC y sexo. Se encontró que la edad es una variable predictiva buena para la mayoría de los parámetros de IOS. Además, varios de las correlaciones presentadas por la altura y la reactancia (X_5) son consistentes con diferentes estudios, por otro lado el peso fue un hallazgo diferente comparado con estudios en otras partes del mundo.

Se recomienda continuar realizando estimación sobre niños sanos para tener mejor variabilidad en la muestra de niños en Bogotá. Las ecuaciones

estimadas en este trabajo representan un avance significativo en la búsqueda de parámetros normales para niños en Bogotá.

Referencias

- [1] Maíra S. de Assumpção, Renata M. Gonçalves, Renata Martins, Tatiana G. Bobbio, and Camila I.S. Schivinski. Reference equations for impulse oscillometry system parameters in healthy brazilian children and adolescents. *Respiratory Care*, 61(8):1090–1099, August 2016.
- [2] Laura Gochicoa-Rangel, Luis Torre-Bouscoulet, David Martínez-Briceño, Luis Rodríguez-Moreno, Gabriela Cantú-González, and Mario H. Vargas. Values of Impulse Oscillometry in Healthy Mexican Children and Adolescents. *Respiratory Care*, 60(1):1–9, January 2015.
- [3] E. G. Meraz, H. Nazeran, R. Edalatpour, C. Rodriguez, K. Montano, C. Aguilar, N. Avila, J. O. Vidaña, and A. L. Portillo. Reference Equations for Impulse Oscillometric and Respiratory System Model Parameters in Anglo and Hispanic Children. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 37(1):49–61, Ene-Abr 2016.
- [4] B. Nowowiejska, W. Tomalak, J. Radliński, G. Siergiejko, W. Latawiec, and M. Kaczmarek. Transient reference values for impulse oscillometry for children aged 3-18 years. *Pediatric Pulmonology*, 43(12):1193–1197, Dec 2008. Erratum in: *Pediatric Pulmonology*. 2020 Jan;55(1):254. doi: 10.1002/ppul.24582. PMID: 18988256.
- [5] Elida Duenas-Meza, Eliana Correa, Eliana López, Juan Carlos Morales, Carlos Eduardo Aguirre-Franco, Carlos Fabián Morantes-Ariza, Carlos Eduardo Granados, and Mauricio González-García. Impulse oscillometry reference values and bronchodilator response in three- to five-year old children living at high altitude. *Journal of Asthma and Allergy*, 12:263–271, 2019.
- [6] Sally Raafat Ishak and Azza Mohammed Hassan. Reference equations for parameters of impulse oscillometry in Egyptian children and adolescents. *The Egyptian Journal of Bronchology*, 14(37):1–9, 2020.