

# Determinación de valores de referencia para volúmenes pulmonares en escolares y adolescentes

**Dra. Solange Caussade**

Pediatra Broncopulmonar

Departamento de Pediatría

Pontificia Universidad Católica de Chile

## Resumen

El uso de ecuaciones de referencia adecuadas para determinar y predecir valores normales es un aspecto importante para optimizar la utilidad clínica de las pruebas de función pulmonar. Debido a la diversidad de ecuaciones existentes, cada laboratorio de función pulmonar debe saber elegir las apropiadas para su población de estudio. Estas ecuaciones deberían ser consistentes y representativas, deberían derivar de estudios que utilicen procedimientos y equipos estandarizados y por supuesto, deberían estar validadas. Existen muchos factores determinantes de la función pulmonar en un niño o adolescente, como son: la estatura, sexo y edad; y recientemente se ha publicado evidencia que sugiere el rol de la influencia racial, ambiental y de los potenciales efectos de la pubertad. En esta revisión se brinda una revisión de estos factores y de su efecto en la determinación de volúmenes pulmonares en niños escolares y adolescente.

**Palabras Claves:** volúmenes pulmonares, pletismografía, factores, niños, adolescentes.

## INTRODUCCIÓN

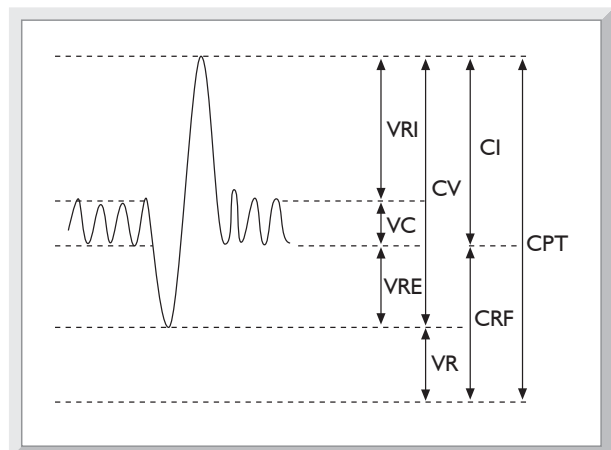
La medición de volúmenes pulmonares es una herramienta útil para detectar, caracterizar y cuantificar la severidad de diversas enfermedades pulmonares. En pediatría, sus principales indicaciones son la evaluación de pacientes con enfermedad obstructiva crónica (fibrosis quística, bronquiolitis obliterante, etc), enfermedad restrictiva (enfermedad intersticial crónica de diversas etiologías, enfermedades de la caja torácica, etc) y pacientes que muestran una capacidad vital forzada disminuida en una maniobra con espirometría.

Las técnicas actualmente utilizadas para determinar volúmenes pulmonares totales son: pletismografía corporal (considerada como *gold standard*), lavado de nitrógeno, dilución de gas (Helio) y métodos imagenológicos. La Figura 1 muestran los volúmenes y capacidades pulmonares posibles de medir.

Los valores de referencia utilizados para interpretar un resultado, tienen un rol fundamental para establecer si los resultados obtenidos por el paciente están en rango de normalidad o si deben considerarse alterados. Para esto, los patrones de referencia deben ser consistentes, provenir de población sana representativa -acorde a las características del paciente- y deben haber sido obtenidos por el mismo método de medición. Al elegir ecuaciones predictivas debieran tomarse en cuenta diversos factores, que serán discutidos a continuación, lo que permitirá optimizar decisiones clínicas en relación

a cada paciente en particular. A la fecha, la sociedad americana de torax (ATS) y la sociedad europea de respiratorio (ERS), sugieren utilizar los valores predictivos de Cook y Hamann

**Figura 1.- Volúmenes y capacidades pulmonares estáticos**



**VRI:** Volumen de Reserva Inspiratoria: volumen máximo inspirado luego de una inspiración a volumen corriente.

**VC:** Volumen Corriente: volumen de gas inhalado o exhalado durante la respiración de reposo.

**VRE:** Volumen de Reserva Espiratoria: volumen máximo de gas exhalado luego del final de una espiración de reposo.

**CV:** Capacidad Vital: es el volumen medido luego de una inspiración máxima seguida de una espiración máxima.

**VR:** Volumen Residual: volumen de gas restante en el pulmón luego de una espiración forzada.

**CI:** Capacidad Inspiratoria: volumen máximo de gas inspirado a partir de CRF.

**CRF:** Capacidad Residual Funcional: volumen de gas presente en el pulmón luego del final de una espiración de reposo.

**CPT:** Capacidad Pulmonar Total: es la suma de todos los volúmenes.

Correspondencia: Dra. Solange Caussade Pediatra Broncopulmonar. Departamento de Pediatría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Email: [mcaussa@med.puc.cl](mailto:mcaussa@med.puc.cl)

para métodos de dilución, y Zapletal y colaboradores para pletismografía; ambos derivados de escolares y adolescentes caucásicos<sup>(1,2)</sup>.

## FACTORES CONDICIONANTES DE LA PRECISIÓN DE VALORES PREDICTIVOS DE FUNCIÓN PULMONAR EN NIÑOS

### Talla

En relación a los volúmenes pulmonares, la talla es la variable predictiva más potente<sup>(2-4)</sup>. Durante la edad pre-escolar y escolar, la relación entre talla y volúmenes pulmonares muestra una relación lineal. Posteriormente en la adolescencia el crecimiento pulmonar se ve retrasado luego del rápido aumento de la talla que ocurre durante el "estirón" puberal, y por ello se observa un cambio en la relación entre volumen pulmonar y talla durante este período<sup>(2)</sup>. Este aspecto se presentará en la sección siguiente.

En pacientes con enfermedades que disminuyen la talla tales como la cifoescoliosis o en aquellos que no logran bipedestación, tales como pacientes con alguna enfermedad neuromuscular, debe sustituirse ésta por la envergadura<sup>(2,5,6)</sup>. Algunos investigadores sugieren medir la talla sentado en vez de pie, para evitar problemas con las ecuaciones predictivas a utilizar en diferentes razas<sup>(5,7,8)</sup>, otros sostienen que el uso de la talla sentado no resuelve el problema de las diferencias raciales<sup>(2)</sup>. Se debe considerar que la medición de la talla sentado está sujeta a mayores errores que la medición de la talla en bipedestación o de pie<sup>(9)</sup>.

### Edad

En pediatría, debido a la amplia variación en los patrones de crecimiento, la mayoría de las ecuaciones de regresión no incluyen la edad como factor predictivo, sino sólo la talla. Si se agregaran la edad y el peso; el intervalo de confianza de estas ecuaciones no siempre se estrecha (Figura 2).

En el grupo de edad entre 15 y 20 años se debe ser cauteloso al momento de utilizar valores predictivos ya que los estudios pediátricos habitualmente incluyen sujetos hasta los 15 años y los estudios hechos en población adulta se basan en un número escaso de sujetos entre 15 y 18 años.

Si en este grupo consideramos por ejemplo, un sujeto hombre de 18 años y uno de 70 años, ambos de 1,75 cm de talla, los valores de función pulmonar teóricos serán iguales; sin embargo, los valores obtenidos por el sujeto joven serán superiores a los obtenidos en el adulto mayor, subestimándose los valores teóricos del primero<sup>(5)</sup>.

La evolución de la función pulmonar varía según el estadio de desarrollo del niño, incrementándose de manera lineal con la edad hasta la aparición del "estirón" puberal aproximadamente a los 10 años en las niñas y 12 años en los varo-

nes<sup>(2,10)</sup>. El crecimiento pulmonar se retrasa en relación a la estatura durante este período, observándose luego un peak alrededor de 18 meses posterior al "estirón" puberal.

Este crecimiento pulmonar acelerado se ha observado especialmente en los varones; la altura del tórax aumenta en forma desproporcionada a la talla total y a diferencia de las mujeres, el tamaño del tórax en los hombres también aumenta en su ancho<sup>(1,11,12)</sup>.

### Peso

La mayoría de estudios no considera el peso como factor predictor<sup>(5,13)</sup>. Se ha visto que la CRF y el VRE, se correlacionan inversamente con el peso y en los casos de obesidad se observa disminución de CPT y CV<sup>(5)</sup>; FRC y VRE<sup>(14)</sup>.

### Género

En general a partir de la edad escolar se observa diferencia en los valores de función pulmonar según el género, siendo superiores en los niños. Esto se debería a diferencias en el tamaño y configuración de la caja torácica y a diferencias en la fuerza muscular respiratoria<sup>(5)</sup>.

En las niñas no se ha encontrado discontinuidad durante el período puberal, mientras que en los varones se ha visto un incremento importante de la función pulmonar en aquellos con talla entre 162,6 y 175,5 cms. quienes progresaban de estadio 3 a 4 de Tanner<sup>(12)</sup>.

### Raza

La raza negra presenta volúmenes pulmonares inferiores a los individuos de raza blanca, pudiendo alcanzar diferencias de hasta 23%<sup>(5)</sup>. Los orientales e indios también muestran cifras inferiores a los blancos<sup>(15)</sup>. Si no se cuenta con valores propios, se sugiere utilizar un factor de corrección<sup>(5)</sup>.

Figura 2.- Medición de volúmenes pulmonares en un niño escolar mediante pletismógrafo



Laboratorio respiratorio pediátrico. Pontificia Universidad Católica de Chile.

La magnitud de estas diferencias no ha sido bien definida ya que se ha visto que estas son menores en asiáticos que se han crecido en un ambiente y dieta occidental<sup>(2)</sup>. La ATS sugiere no realizar correcciones para TLC y VR en hispanos o nativos americanos que viven en USA, pero sí para americanos africanos, asiáticos e indios<sup>(2)</sup>.

No existe aún una explicación para estas diferencias raciales, pudiendo tratarse de factores como forma y altura de la caja torácica, mayor masa pulmonar (mayor número o tamaño alveolar), diferente relación tronco:extremidades, diferencias en la proporción masa muscular/grasa, fuerza muscular respiratoria<sup>(1,2,15-18)</sup>.

### Tabaquismo

Al elaborar ecuaciones de referencia en adultos no fumadores, exfumadores y fumadores actuales, se observó que existía diferencia significativa entre ellas<sup>(19)</sup>. Con respecto al tabaquismo pasivo, se vió que la disminución en la función pulmonar no era significativa<sup>(19)</sup>. Se sugiere seleccionar sujetos no sometidos a tabaquismo activo para definir valores normales de función pulmonar en niños o adolescentes<sup>(5)</sup>.

### Altitud

No se ha encontrado diferencia entre individuos que viven a nivel del mar y a 1400 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, estas diferencias si aparecen al vivir en una altitud superior a los 3000 m.s.n.m<sup>(5)</sup>. Existen estudios realizados en ciudades de la cordillera de los Andes que muestran que los niños originarios de baja altitud, al migrar a grandes alturas precozmente durante su vida, o que han nacido y crecido en esta situación muestran valores de función pulmonar significativamente mayores que los niños que han nacido y crecido a bajas altitudes<sup>(20)</sup>.

### SELECCIÓN DE ECUACIONES ADECUADAS

Para asegurarnos una correcta interpretación de resultados, debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos de las ecuaciones elegidas.

#### Sujetos elegidos para muestras de referencia

- De preferencia selección de sujetos al azar, y no voluntarios.
- Muestra > 200 sujetos.
- Número adecuado de sujetos en edades pediátricas extremas.
- Raza acorde al paciente en estudio.
- Definición de sano(1): libre de enfermedad respiratoria aguda ni crónica, sin anomalía congénita, sin antecedente

de neumonía ni cirugía torácica, sin enfermedad crónica de ningún sistema, sin historia de infección respiratoria alta las 3 semanas previas al examen.

- No fumadores activos.
- Estado nutricional representativo de la población.

#### De la técnica

- Técnicos validados.
- Mediciones reproducibles.
- Técnica y equipo semejantes.

#### De los valores de referencia a utilizar

- Todos los parámetros a utilizar deben provenir de la misma fuente.
- Si no corresponden a la raza, deben ajustarse.
- Evitar el uso de ecuaciones que no incluyan el rango de edad ni talla del sujeto que realiza medición de su función pulmonar.
- Las ecuaciones deben ser diferentes para hombres y mujeres.
- Para cada ecuación de referencia debiera existir la definición del valor mínimo y máximo. Los valores inferiores al percentil 5, se consideran bajo el rango "normal". En pediatría puede aceptarse utilizar el valor de un 80% del predictivo, pero en adultos puede conducir a errores de interpretación<sup>(2)</sup>.

### SITUACIÓN EN CHILE

En Chile existen algunos laboratorios de función pulmonar que cuentan con pletismógrafo corporal, otros con equipo para realizar lavado de nitrógeno. La medición de volúmenes pulmonares mediante pletismografía puede ser realizada sin dificultad en niños desde los 7 años y es considerada como el gold standard. Si bien existe un estudio nacional, utilizando el método de lavado de nitrógeno, éste incluyó sólo niños entre 4 y 13 años<sup>(21)</sup>. El estudio de Díaz y colaboradores demostró una buena correlación con la estatura del niño.

Por otra parte, un estudio publicado por Gutiérrez y colaboradores<sup>(22)</sup> realizado en población sana residente en las ciudades de Viña del Mar y Valparaíso, encontró que las variables espirométricas eran significativamente superiores a las reportadas por Knudson<sup>(23)</sup> utilizadas como referencia.

### CONCLUSIÓN

Debido al número creciente de niños con enfermedad o daño pulmonar crónico en nuestro medio, es fundamental contar con ecuaciones de referencia propias para la determi-

nación de volúmenes pulmonares. El uso de valores predictivos inapropiados podría conducir a errores de comparación y por lo tanto, en el tratamiento de estos pacientes, por lo que el empleo de las ecuaciones sugeridas por ATS y ERS para volúmenes pulmonares plantea un cuestionamiento sencillo: ¿estaríamos también subestimando estos valores en niños y adolescentes chilenos?. Creemos en la necesidad e importancia de contar con ecuaciones de referencia propias para determinar los volúmenes pulmonares en niños y adolescentes, y así establecer una correcta comparación y evaluación de la función pulmonar en pacientes con diversas condiciones crónicas y eventualmente agudas.

## REFERENCIAS

1. Stocks J, Quanjer Ph.H. Workshop report. Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. *Eur Respir J* 1995; 8: 492-506.
2. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo R, Burgos F et al. Interpretative strategies for lung function tests. Series ATS/ERS Task Force: Standardization of lung function testing. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-68.
3. Cook CD, Hamann JF. Relation of lung volumes to height in healthy persons between the ages of 5 and 38 years. *J Pediatr* 1961; 59: 710-14.
4. Zapletal A, Samanek M, Paul T. Lung function in children and adolescents. Methods and reference values. *Prog Respir Res* 1987; 22: 83-112.
5. Clausen JL. Prediction of normal values in pulmonary function testing. *Clin Chest Med* 1989; 2: 135-43.
6. Torres L, Martínez F, Manco J. Correlation between standing height, sitting height, and arm span as an index of pulmonary function in 6-10-year-old children. *Pediatr Pulmonol* 2003; 36: 202-208.
7. Ip M, Karlberg E, Chan K, Karlberg J, Luk K et al. Lung function reference values in Chinese children and adolescents in Hong Kong. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 430-5.
8. Sylvester KP, Milligan P, Patey RA, Rafferty GF, Greenough A. Lung volumes in healthy afro-caribbean children aged 4-17 years. *Pediatr Pulmonol* 2005; 40: 109-12.
9. DeGroot E, Quanjer P, Wise M, van Zomeren B. Changing relationships between stature and lung volumes during puberty. *Respir Physiol* 1986; 65: 139-153.
10. Wang X, Dockery D, Wypij D, Gold D, Speizer F, et al. Pulmonary function growth velocity in children 6 to 18 years of age. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148: 1502-8.
11. DeGroot E, van Pelt W, Borsboom G, Quanjer P, van Zomeren B. Growth of lung and thorax dimensions during the pubertal growth spurt. *Eur Respir J* 1988; 1: 102-108.
12. Rosenthal M, Cramer D, Bain SH, Denison D, Bush A, Warner JO. Lung function in white children aged 4 to 19 years: II. Single breath analysis and plethysmography. *Thorax* 1993; 48: 803-8.
13. Manzke H, Stadlober E, Schellauf HP. Combined plethysmographic and flow volume reference values for male and female children aged 6 to 16 years obtained from "hospital normals". *Eur J Pediatr* 2001; 160: 300-6.
14. Jones R, Nzekwu M. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest* 2006; 130: 827-833.
15. Donnelly PM, Yang TS, Peat JK, Woolcock AJ. What factors explain racial differences in lung volumes? *Eur Respir J* 1991; 4: 829-938.
16. Pool JB, Greenough A. Ethnic variation in respiratory function in young children. *Respir Med* 1989; 83: 123-25.
17. Yang TS, Peat J, Keena V, Donnelly P, Unger W, et al. A review of the racial differences in the lung function of normal Caucasian, Chinese and Indian subjects. *Eur Respir J* 1991; 4: 872-880.
18. Whittaker AL, Sutton AJ, Beardsmore CS. Are ethnic differences in lung function explained by chest size? *Arch Dis Neonatal Ed* 2005; 90: F423-28.
19. Eisner M, Forastiere F. Passive smoking, lung function and public health. *Letter. Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 1184-5.
20. Brutsaert TD, Soria R, Caceres E, Spielvogel H, Haas JD. Effect of developmental and ancestral high altitude exposure on chest morphology and pulmonary function in Andean and European/north American natives. *Am J Hum Biol* 1999; 11: 383-395.
21. Díaz A, Ceruti E, Duarte J. Ventilación pulmonar en niños normales. I. Volúmenes pulmonares y distribución de la ventilación. *Rev Chil Pediatr* 1969; 40: 670-677.
22. Gutiérrez M, Riosco F, Rojas A, Casanova D. Reference spirometric values for the Chilean population at sea level. *Rev Med Chile* 1996; 124: 1295-1306.
23. Knudson R, Lebowitz M, Holberg C, Burros B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127: 725-734.