

## Valores de referencia de función respiratoria en niños y adolescentes (6-18 años) de Galicia

Francisco Javier González Barcala<sup>a</sup>, Carmen Cadarso Suárez<sup>b</sup>, Luis Valdés Cuadrado<sup>a</sup>, Rosaura Leis<sup>c</sup>, Rodrigo Cabanas<sup>c</sup> y Rafael Tojo<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Neumología. Complejo Hospitalario Clínico Universitario. Santiago de Compostela. A Coruña. España.

<sup>b</sup>Departamento de Bioestadística e Investigación Operativa. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. A Coruña. España.

<sup>c</sup>Departamento de Pediatría. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. A Coruña. España.

**OBJETIVO:** Son conocidas las diferencias entre distintas poblaciones en cuanto a los valores de referencia de la función respiratoria, por lo cual parece importante establecerlos. El objetivo del estudio ha sido establecer las ecuaciones de predicción de parámetros espirométricos en niños y adolescentes sanos de Galicia.

**POBLACIÓN Y MÉTODOS:** Hemos estudiado a niños y adolescentes sanos de 6 a 18 años de edad, de colegios seleccionados aleatoriamente en 14 municipios de Galicia. Las maniobras espirométricas se realizaron de acuerdo con los protocolos de la American Thoracic Society de 1987, con evaluación continua de los espirogramas. Se obtuvieron las ecuaciones de predicción mediante regresión lineal multivariante.

**RESULTADOS:** Con este estudio se obtuvieron las ecuaciones de predicción de los principales parámetros espirométricos en este grupo de edad, en función de la edad, el sexo, la talla y el peso. Los valores medios de los parámetros espirométricos, en función de la estatura, son superiores en la población masculina comparada con la femenina, excepto en el rango entre 140 y 160 cm de altura, donde las mujeres superan a los varones. Para un varón medio de nuestra población, los parámetros de función pulmonar obtenidos con las ecuaciones de predicción referidas por otros autores en poblaciones similares difieren de los nuestros, desde una infraestimación de un 16% para el flujo mesoespiratorio forzado hasta una sobreestimación de un 15% para el pico de flujo espiratorio; para una mujer, las discrepancias van desde la infraestimación del flujo mesoespiratorio forzado del 17% hasta la sobreestimación del pico de flujo espiratorio de un 19%.

**CONCLUSIONES:** Estos resultados refuerzan la importancia de utilizar ecuaciones de predicción específicas para cada población.

**Palabras clave:** *Espirometría forzada. Niños sanos. Valores de referencia.*

### Lung Function Reference Values in Children and Adolescents Aged 6 to 18 Years in Galicia

**OBJECTIVE:** It is well known that lung function reference values differ between populations, hence the apparent importance of establishing such values. The aim of this study was to develop prediction equations for spirometry for healthy children and adolescents in Galicia, Spain.

**POPULATION AND METHODS:** We studied children and adolescents aged 6 to 18 years from randomly selected schools in 14 municipalities in Galicia. Spirometric values were measured following the protocols established by the American Thoracic Society in 1987, with real-time monitoring of flow-volume curves. The prediction equations were derived using multivariate linear regression.

**RESULTS:** We developed equations to predict the main spirometry parameters for this age group according to sex, height, and weight. Mean spirometry values in relation to height were higher for boys than for girls, except in the 140-160 cm range, where they were higher for girls. Equations published in other studies in similar populations gave different predictions, ranging from an underestimation of forced midexpiratory flow rate (FEF<sub>25%-75%</sub>) by 16% in comparison to ours to an overestimation of peak expiratory flow (PEF) rate by 15% for an average boy. For a girl, the corresponding differences ranged from an underestimation of FEF<sub>25%-75%</sub> by 17% to an overestimation of PEF by 19%.

**CONCLUSIONS:** These results support the importance of using population-specific prediction equations to establish lung function reference values.

**Key words:** *Spirometry. Healthy children. Reference values.*

### Introducción

Son bien conocidas las diferencias de la función pulmonar (FP) entre diversas poblaciones. En estas dife-

rencias pueden influir varios aspectos (climáticos, de contaminación ambiental, socioeconómicos o raciales) que pueden afectar a la FP directa o indirectamente, por medio de su influencia en parámetros antropométricos, estado nutricional, fuerza muscular, etc. Por este motivo es importante establecer los valores espirométricos de referencia de cada comunidad<sup>1-7</sup>.

Además, dado que los rangos de normalidad de niños y adolescentes suelen obtenerse en función de la talla (habitualmente se incluyen también otras variables como la edad y el peso), los valores deben revisarse al menos una vez para cada generación, ya que estos pará-

Estudio parcialmente financiado con el apoyo de la Xunta de Galicia (60904.44055). El estudio de la Dra. C. Cadarso se realizó con el apoyo del Ministerio de Educación y Ciencia, en colaboración con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MTM2005-00818).

Correspondencia: Dr. F.J. González Barcala.  
Servicio de Neumología. Complejo Hospitalario Clínico Universitario.  
Choupana, s/n. 15706 Teo. A Coruña. España.  
Correo electrónico: fjbbarcala@telefonica.net

Recibido: 16-3-2007; aceptado para su publicación: 27-11-2007.

metros antropométricos cambian en las generaciones sucesivas<sup>8</sup>. Si el incremento de la estatura se debiera al aumento de la longitud de los miembros inferiores más que al del tórax, la FP tendería a descender para una misma estatura<sup>1</sup>. Por esto los valores de referencia obtenidos a partir de la estatura en sedestación serían más precisos, pero se utilizan con menor frecuencia<sup>9,10</sup>.

El objetivo de nuestro estudio ha sido establecer las ecuaciones de predicción de la función respiratoria en niños y adolescentes de Galicia. En este trabajo presentamos también los valores medios y los percentiles de los parámetros espirométricos de utilización más frecuente, obtenidos en este grupo de población. Este trabajo forma parte del Estudio Galinut, donde se evaluaron la dieta, el estilo de vida, la salud respiratoria y cardiovascular<sup>11</sup>.

## Población y métodos

### Población

Se ha realizado un estudio transversal en niños y adolescentes de 6 a 18 años de Galicia. Se seleccionaron aleatoriamente 14 de los 315 municipios de Galicia y de cada uno se seleccionó al azar un colegio con escolares de este segmento de edad. Inicialmente se incluyó a todos los niños de los colegios participantes cuyos padres o tutores firmaran el consentimiento informado y que respondieran al cuestionario administrado (véase "Recogida de datos"). Se excluyó a los alumnos que no realizaran de forma correcta la maniobra espirométrica, refirieran tabaquismo activo (más allá de algún episodio aislado), presentaran enfermedades alérgicas, hubieran sido hospitalizados por enfermedad respiratoria o cardiovascular, o no cumplieran los criterios del comité GAP de niño sano<sup>12</sup>.

La muestra final incluía a 2.404 niños y adolescentes (1.268 varones y 1.136 mujeres), aproximadamente el 0,8% del total de la población de Galicia de este grupo etario, cuya distribución por edad y sexo reproduce con aceptable precisión.

Se solicitó el consentimiento informado por escrito a los padres o tutores de los niños antes de realizar los cuestionarios y exploraciones. El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Galicia.

### Recogida de datos

Una semana antes de realizar las exploraciones, el equipo investigador informó de las características del estudio, tanto verbalmente en el colegio como mediante una carta, a los niños y a sus padres. Asimismo, se remitió a los padres y tutores un cuestionario sobre enfermedades actuales y pasadas, estilo de vida, tabaquismo del niño y de los padres (a los escolares mayores de 10 años, además, se les preguntó en privado sobre su consumo de tabaco). El equipo investigador resolvió cualquier duda sobre el cuestionario en el momento de su devolución.

Se determinó el peso con los individuos vestidos con ropa interior y en calcetines, con una precisión de 0,5 kg. La estatura se midió con una precisión de 0,5 cm, en un estadiómetro, con el sujeto de espaldas a la barra vertical, ambos pies formando un ángulo de 60°, los talones juntos tocando la base de dicha barra vertical, al igual que las escápulas y la cabeza, que se situaba con la mirada al frente, en el plano de Frankfurt.

Dos médicos entrenados previamente en la consulta de Neumología Infantil efectuaron las espirometrías en horario escolar, siempre entre las 09.00 y 13.00 h. Se utilizó un espirometro portátil Dataspir 92 (Sibel SA, Barcelona, España),

con un neumotacómetro tipo Fleisch y calibración de volumen semiautomática, así como procesamiento y validación computarizados de los espirogramas en tiempo real.

Cada mañana, antes de las exploraciones, el espirometro se calibraba con una jeringa de 3 l, realizando 3 insuflaciones a diferentes velocidades. Dos miembros del equipo investigador actuaron como control biológico. El programa de calibración semiautomático asegura un error menor del 1% en la calibración de volumen de 3 l. Antes de la calibración se midieron la temperatura ambiental, la presión barométrica y la humedad relativa.

Las espirometrías se llevaron a cabo de acuerdo con los protocolos de la American Thoracic Society<sup>13</sup>. Con el sujeto en sedestación, con pinza nasal, se realizaron un mínimo de 3 espirometrías y un máximo de 8. El inicio de la espirometría se estimó mediante extrapolación retrógrada, con un volumen inferior a 0,15 l o al 5% de la capacidad vital forzada (FVC). Otros criterios de aceptabilidad de la espirometría fueron: tener un inicio brusco, con una deflexión neta y una curva suave, sin rectificaciones; al menos 6 s de espiración, y una meseta en la curva volumen/tiempo (cambio de volumen menor de 40 ml durante al menos 2 s). La FVC y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV<sub>1</sub>) se juzgaron aceptables cuando la diferencia entre las 2 mejores maniobras consideradas válidas era menor de 200 ml. Finalmente se seleccionaron los mejores valores de FVC y FEV<sub>1</sub> de las curvas consideradas válidas; los demás parámetros se obtuvieron de la maniobra con mejor suma FVC + FEV<sub>1</sub>.

### Análisis estadístico

La comparación de medias se realizó con las pruebas de la *t* de Student o de la  $\chi^2$ . La normalidad de las distribuciones se analizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Mediante regresión logística múltiple escalonada (*stepwise*) se calcularon las ecuaciones de predicción de forma separada para cada sexo. Se realizó transformación logarítmica de los parámetros espirométricos: FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC, pico de flujo espiratorio (PEF) y flujo mesoespiratorio forzado (FEF<sub>25-75%</sub>). Como variables predictoras se incluyeron la edad, el peso, la talla y los cuadrados de éstas. También se analizaron otras funciones de estas variables utilizando los criterios estadísticos habituales de los análisis mediante regresión escalonada —coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>), desviación estándar de los residuos, distribución de los residuos y homogeneidad de las variancias— para decidir el modelo final.

Puesto que la talla fue la variable independiente con mayor poder predictor en todos los análisis de regresión múltiple, los parámetros de la espirometría se relacionaron únicamente con dicha variable utilizando la técnica de suavización Lowess<sup>14</sup>. Las curvas suavizadas de los percentiles de los parámetros espirométricos en función de la talla se ajustaron mediante el método LMS de Cole et al<sup>15</sup>, que normaliza la distribución de los datos en cada una de las edades, utilizando la transformación Box-Cox suavizada.

## Resultados

Se incluyó en el análisis una población total de 2.404 niños y adolescentes (un 53% varones). En la tabla I se muestra la distribución de la población estudiada para cada edad y sexo. La edad media fue de 12,9 años en varones y de 12,7 años en mujeres, y la estatura media de 156,1 cm en los primeros y de 150,3 cm en las segundas. En la tabla II se presentan los datos descriptivos de los parámetros citados, así como del peso corporal y de la FP de la población estudiada.

TABLA I  
Población incluida, por sexo y edad

Edad (años)	Varones	Mujeres	Total
6	30	37	67
7	50	45	95
8	60	60	120
9	93	88	181
10	98	86	184
11	93	81	174
12	122	101	223
13	89	85	174
14	151	130	281
15	181	158	339
16	160	139	299
17	88	81	169
18	53	45	98
Total	1.268	1.136	2.404

Dado que los parámetros espirométricos no presentaban una distribución gaussiana, se procedió a su transformación logarítmica.

En la tabla III se exponen los resultados de los análisis de regresión múltiple para varones y mujeres, con las ecuaciones de predicción de los diferentes parámetros de la FP. Los parámetros espirométricos se presentan como variables dependientes, en función de la talla, el peso y la edad, así como de los cuadrados de estos valores. El mejor ajuste para la FVC y el FEV<sub>1</sub> presentó coeficientes de determinación en el rango de 0,80-0,90; para el PEF y el FEF<sub>25-75%</sub> se obtuvieron unos valores de R<sup>2</sup> de 0,61-0,71. Como cabía esperar, dada la natural correlación entre el FEV<sub>1</sub> y la FVC, el logaritmo natural (FEV<sub>1</sub>/FVC) prácticamente no se correlacionó con ninguna de las variables independientes.

TABLA II  
Datos descriptivos

	Media	Mediana	p25-p75	Mín.-Máx.
<b>Varones (n = 1.268)</b>				
Edad (años)	12,9	13	10-15	6-18
Peso (kg)	49,1	50	35-63	16,5-93
Talla (cm)	156,1	159	142,2-171,0	110,7-188,8
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,4	19,3	16,9-21,6	11,6-30,0
FVC (l)	3,42	3,32	2,34-4,45	0,99-7,92
FEV <sub>1</sub> (l)	3,08	2,99	2,13-4,01	0,93-6,87
FEV <sub>1</sub> /FVC (%)	90,9	91,5	87,3-95,5	70,6-99,8
PEF (l/min)	371,7	353,4	255,0-471,0	62,4-899,4
FEF <sub>25-75%</sub> (l/s)	3,75	3,58	2,62-4,800	0,62-8,28
<b>Mujeres (n = 1.136)</b>				
Edad (años)	12,7	13	10-15	6-18
Peso (kg)	45,3	48	35-55	17,0-82,0
Talla (cm)	150,3	154,5	140,5-160,7	110,0-179,5
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,6	19,6	17,3-21,7	11,2-30,0
FVC (l)	2,82	2,92	2,19-3,45	0,910-5,880
FEV <sub>1</sub> (l)	2,61	2,75	1,97-3,19	0,760-4,570
FEV <sub>1</sub> /FVC (%)	92,6	93,7	89,1-97,1	70,6-99,7
PEF (l/min)	297,45	298,20	224,4-361,8	84,0-576,0
FEF <sub>25-75%</sub> (l/s)	3,40	3,41	2,53-4,22	0,690-6,540

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio forzado; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; IMC: índice de masa corporal; Mín.-Máx.: rango de mínimo a máximo; p25-p75: rango del percentil 25 al percentil 75; PEF: pico de flujo espiratorio.

TABLA III  
Ecuaciones de predicción de función respiratoria para niños y adolescentes de Galicia

Ecuación	R <sup>2</sup>	DER
<b>Varones</b>		
Ln(FVC) = -1,230 + 0,01106T + 0,03278E + 0,004881P	0,89	0,13153
Ln(FEV <sub>1</sub> ) = -1,217 + 0,01073T + 0,001252E <sup>2</sup> + 0,01084P - 0,0000572P <sup>2</sup>	0,90	0,11820
Ln(PEF) = 3,730 + 0,007T + 0,040E + 0,014P - 0,000085P <sup>2</sup>	0,71	0,21890
Ln(FEF <sub>25-75%</sub> ) = -0,528 + 0,006839T + 0,001609E <sup>2</sup> + 0,01230P - 0,0000672P <sup>2</sup>	0,67	0,22823
Ln(FEV <sub>1</sub> /FVC) = 4,522 - 0,00000519P <sup>2</sup>	0,02	0,06673
<b>Mujeres</b>		
Ln(FVC) = -1,511 + 0,009143T + 0,09124E + 0,01174P - 0,00244E <sup>2</sup> - 0,0000664P <sup>2</sup>	0,81	0,14316
Ln(FEV <sub>1</sub> ) = -1,664 + 0,009283T + 0,09805E + 0,01273P - 0,00275E <sup>2</sup> - 0,0000771P <sup>2</sup>	0,85	0,12490
Ln(PEF) = 3,128 + 0,008T + 0,159E - 0,005E <sup>2</sup> + 0,005P	0,61	0,21779
Ln(FEF <sub>25-75%</sub> ) = -1,147 + 0,007087T + 0,136E - 0,00402E <sup>2</sup> + 0,004496P	0,61	0,22108
Ln(FEV <sub>1</sub> /FVC) = 4,539 - 0,0000699E <sup>2</sup>	0,01	0,06161

DER: desviación estándar de los residuos; E: edad (años); FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio forzado (l/s); FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo (l); FVC: capacidad vital forzada (l); Ln: logaritmo natural; P: peso (kg); PEF: pico de flujo espiratorio (l/min); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; T: talla (cm).

TABLE IV  
Comparación de los valores espirométricos predichos para nuestra población con los referidos por otros autores, y porcentajes de diferencia (D)

Autores	FVC		FEV <sub>1</sub>		PEF*		FEF <sub>25-75%</sub>	
	ml R2	Δ	ml R <sup>2</sup>	Δ	l/s R <sup>2</sup>	Δ	l/s R2	Δ
<b>Varones</b>								
Nuestro estudio	3.192 0,89		2.893 0,90		5.884 0,71		3.498 0,67	
Pérez-Padilla et al <sup>16</sup>	3.515 0,89	+10%	3.072 0,89	+6%	6.765 0,79	+15%	3.637 0,65	+4%
Manzke et al <sup>17</sup>	3.244 0,92	+2%	2.872 0,93	-1%	6.055 0,86	+3%	3.127 0,74	-11%
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos caucásicos)	3.337 0,87	+4%	2.908 0,85	0	6.092 0,78	+3%	3.243 0,56	-7%
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos mexicanos)	3.461 0,86	+8% 0,85	3.027 0,85	+5%	6.308 0,75	+7%	3.532 0,55	+1%
Wang et al <sup>7</sup> (población blanca)	3.081	-4%	2.644	-9%			2.923	-16%
Rosenthal et al <sup>18</sup>	3.073 0,98	-4%	2.563 0,99	-11%	5.408 0,98	-8%		
Chinn y Rona <sup>19</sup>	3.102 0,69	-3%	2.686 0,65	-7%			2.969 0,25	-15%
Casan <sup>20</sup>	3.598 0,90	+13%	3.008 0,89	+4%	6.195 0,82	+5%	3.418 0,69	-2%
Coultas et al <sup>21</sup>	3.239 0,91	+1%	2.825 0,91	2%	6.020 0,81	+2%	3.234 0,72	-8%
Sanz Ortega et al <sup>22,23</sup>	3.146 0,83	-1%	2.759 0,82	-5%			3.602 0,43	+3%
Morato Rodríguez et al <sup>24</sup>	3.171 0,89	-1%	2.661 0,87	-8%				
Trabelsi et al <sup>25</sup>	3.087 0,90	-3%	2.689 0,89	-7%	5.703 0,87	-3%	3.040 0,74	-13%
<b>Mujeres</b>								
Nuestro estudio	2.796 0,81		2.599 0,85		4.966 0,61		3.343 0,61	
Perez-Padilla et al <sup>16</sup>	2.928 0,83	+5%	2.621 0,83	+1%	5.911 0,70	+19%	3.438 0,57	+3%
Manzke et al <sup>17</sup>	2.914 0,91	+4%	2.657 0,93	+2%	5.592 0,84	+13%	3.023 0,75	-10%
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos caucásicos)	2.894 0,73	+3%	2.565 0,75	-1%	5.609 0,56	+13%	3.279 0,50	-2%
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos mexicanos)	2.930 0,71	+5%	2.614 0,73	+1%	5.685 0,47	+14%	3.400 0,43	+2%
Wang et al <sup>7</sup> (población blanca)	2.674	-4%	2.398	-8%			2.990	-11%
Rosenthal et al <sup>18</sup>	2.566 0,98	-8%	2.240 0,99	-14%	5.060 0,97	+2%		
Chinn y Rona <sup>19</sup>	2.663 0,67	-5%	2.374 0,64	-9%			2.930 0,30	-12%
Casan <sup>20</sup>	2.994 0,88	+7%	2.581 0,88	-1%	5.122 0,77	+3%	3.263 0,62	-2%
Coultas et al <sup>21</sup>	2.670 0,86	-5%	2.347 0,84	-10%	4.868 0,65	-2%	2.784 0,52	-17%
Sanz Ortega et al <sup>22,23</sup>	2.691 0,83	-4%	2.327 0,83	-11%			3.718 0,54	+11%
Morato Rodríguez et al <sup>24</sup>	2.656 0,89	-5%	2.451 0,87	-6%				
Trabelsi et al <sup>25</sup>	2.666 0,89	-5%	2.361 0,88	-9%	4.857 0,78	-2%	2.921 0,75	-13%

FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio forzado; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio.  
\*Se expresa en l/s en lugar de l/min para facilitar la comparación con los datos de otros autores.

Los valores medios de los parámetros espirométricos en función de la talla son superiores en la población masculina comparada con la femenina, excepto en el rango entre 140 y 160 cm de altura, donde las mujeres superan a los varones (fig. 1). En la figura 2 se muestran las curvas de los parámetros de FP con los percentiles correspondientes.

En la tabla IV se muestra la comparación de los resultados de la aplicación de nuestra ecuación con los obtenidos con otras disponibles en la literatura médica<sup>3,16-25</sup>, partiendo de las características medias de un niño de nuestra población (tabla II), así como los coeficientes de determinación correspondientes. Añadimos el porcentaje de diferencia con nuestra predicción. Asimismo se han analizado las características más relevantes de la metodología empleada y de las poblaciones incluidas en los estudios con los que se establecieron comparaciones de nuestros resultados (tabla V).

### Discusión

Este estudio aporta el cálculo de los valores de referencia para los parámetros espirométricos FVC, FEV<sub>1</sub>, FEF<sub>25-75%</sub> y PEF, en función de la edad, la estatura y el peso, para niños y adolescentes (entre 6 y 18 años) sanos de Galicia, junto con los valores medios en función de la talla, así como los percentiles 5; 10; 25; 50; 75; 90, y 95 de la distribución. Los resultados proceden de una muestra de población relativamente amplia, con criterios de exclusión de enfermedad aceptablemente estrictos, siguiendo las indicaciones metodológicas de la American Thoracic Society<sup>13</sup>, con verificación computarizada de la validez de los espirogramas en tiempo real.

El mejor ajuste mediante regresión múltiple escalonada se consiguió con la transformación logarítmica de los parámetros espirométricos y utilizando como varia-

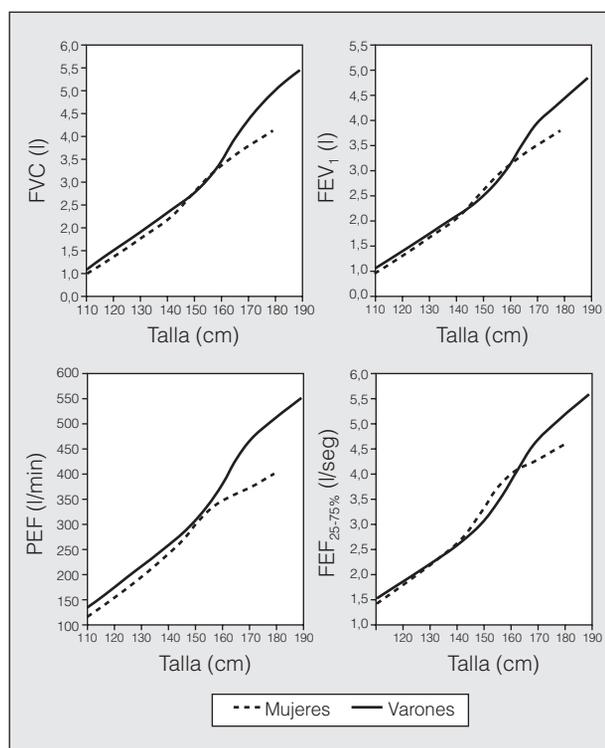


Fig. 1. Valores medios de los parámetros espirométricos, en función de la talla, por sexos. FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio forzado; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio.

bles predictoras la talla, el peso y la edad, junto con los cuadrados de estas mismas variables independientes (tabla III). Dado que las 3 variables utilizadas como independientes son de manejo habitual en la práctica diaria, además de ser fáciles de obtener, hemos incluido las 3

TABLA V  
Principales características metodológicas de los estudios analizados

Autores	Tamaño muestral	Rango de edad (años)	Método de muestreo
Nuestro estudio	1.270 V. 1.138 M	6-18	Aleatorizado bietápico (municipios, colegios)
Pérez-Padilla et al <sup>16</sup>	2.066 V. 1.943 M	8-20	Todos los niños de 8-12 años seleccionados aleatoriamente en colegios de Ciudad de México, además niños de mayor edad de un colegio seleccionado
Manzke et al <sup>17</sup>	213 V. 187 M	6-16	Pacientes de raza caucásica ingresados en un centro de rehabilitación de Alemania por problemas psicosociales o enfermedades dermatológicas
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos caucásicos)	422 V. 456 M	8-20	Muestreo estratificado de toda la población de EE.UU.
Hankinson et al <sup>3</sup> (americanos mexicanos)	610 V. 651 M	8-20	Muestreo estratificado de toda la población de EE.UU.
Wang et al <sup>7</sup> (población blanca)	11.630	6-18	Muestreo aleatorio de colegios en 6 ciudades de EE.UU.
Rosenthal et al <sup>18</sup>	455 V. 317 M	4,6-18,8	Niños de raza blanca en 12 colegios de Londres
Chinn y Rona <sup>19</sup>	910 V. 722 M	6,5-12,0	Muestra representativa de escolares de raza blanca de Inglaterra
Casan <sup>20</sup>	257 V. 275 M	6-20	Voluntarios sanos del área metropolitana de Barcelona (España)
Coultas et al <sup>21</sup>	151 V. 177 M	6-18	Todos los habitantes de un muestreo aleatorio de hogares con al menos un habitante autoidentificado como hispano, en una ciudad semirural de Nuevo México (EE.UU.)
Sanz Ortega et al <sup>22,23</sup>	1.156	7-14	Muestreo aleatorio de colegios de Valencia (España)
Morato Rodríguez et al <sup>24</sup>	415 V. 350 M	6-14	Muestreo aleatorio de colegios de Bilbao (España)
Trablsi et al <sup>25</sup>	581 V. 533 M	6-16	Niños seleccionados de 10 colegios de la región central de Túnez

M: mujeres; V: varones.

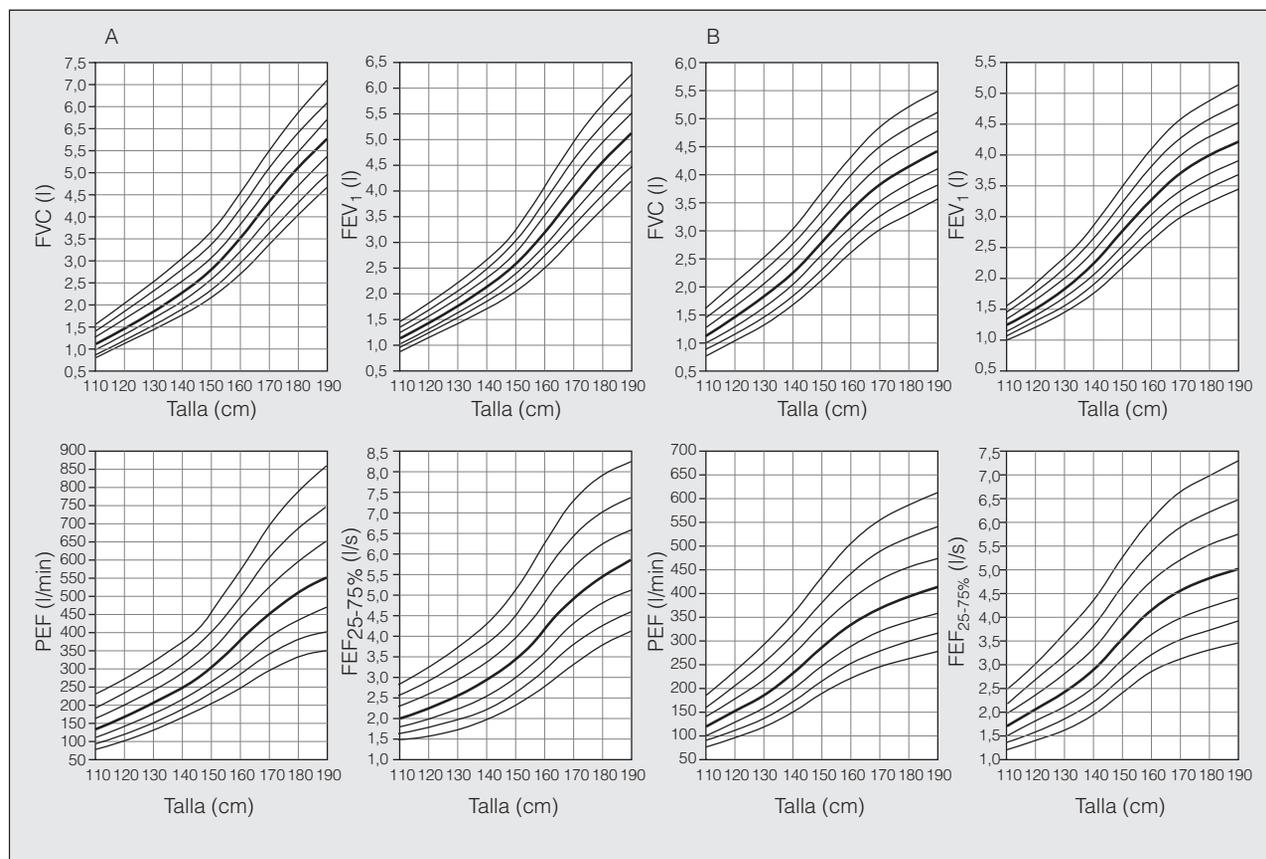


Fig. 2. Percentiles suavizados de función pulmonar, en función de la talla, para varones (A) y mujeres (B). FEF<sub>25-75%</sub>: flujo mesoespiratorio forzado; FEV<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; PEF: pico de flujo espiratorio.

en las ecuaciones finales, aunque en algún caso la mejoría en el ajuste de los resultados obtenidos no tenga un valor clínico significativo. Es conocido que en las edades aquí analizadas la predicción de la FP basándose únicamente en la estatura puede sobrestimar o infraestimar los valores espirométricos, sobre todo en varones y en los extremos de los grupos de edad<sup>26</sup>.

Como otros autores, hemos encontrado que en todos los casos la variable independiente con mayor poder predictor fue la talla. De todas formas, la inclusión de la edad y el peso en las ecuaciones incrementa la precisión de las estimaciones. Esta contribución significativa de la edad y el peso no se ha observado en otros estudios con población de 7-19 años de China<sup>27</sup> o de 6-18 años de Singapur<sup>28</sup>. En el trabajo de Hankinson et al<sup>3</sup>, con población de 8 a 20 años de 3 grupos étnicos de EE.UU., la inclusión de la talla y la edad, pero no la del peso, mejora el ajuste de la ecuación presentada (el peso resulta tan buen predictor como la estatura, pero contribuye poco cuando esta última ya está incluida en la ecuación).

En estudios realizados con población de Londres de 6-11 años<sup>19</sup>, y en ecuaciones para población femenina (además del PEF en población masculina) de 6-16 años de Alemania<sup>17</sup>, la estatura y la edad fueron de nuevo las únicas variables independientes incluidas. Al igual que

para nuestra población, en un estudio realizado con población mexicana de 8-20 años es necesaria la inclusión de la estatura, el peso y la edad para conseguir un ajuste más preciso de la ecuación de predicción<sup>16</sup>.

La inclusión de la edad como factor predictor adicional en nuestro grupo de población parece razonable si se tiene en cuenta que la maduración somática y la pulmonar no se producen al mismo tiempo<sup>29,30</sup>, y que la fuerza muscular continúa desarrollándose tras el cese del crecimiento de la estatura, lo que puede influir en los valores obtenidos en la espirometría, especialmente en parámetros que dependen del esfuerzo<sup>31,32</sup>. El hecho de que la edad influya en los resultados de las ecuaciones de forma distinta en varones y mujeres parece lógico, dadas las diferencias en los patrones de crecimiento entre ambos sexos<sup>17,29,31</sup>. La contribución del peso al poder predictor de las ecuaciones puede deberse, al menos en parte, a que refleja parcialmente la composición corporal, y éste es un factor con influencia conocida sobre la FP<sup>33,34</sup>. Además, los picos de crecimiento de peso y estatura se producen a diferentes edades, con una correspondencia temporal distinta respecto a la función respiratoria<sup>31</sup>. Un peso mayor puede asociarse con mayor grasa corporal, que a su vez se asocia con peor FP, pero puede también reflejar mayor fuerza muscular, lo que supone una mejoría en ciertos parámetros espiro-

métricos<sup>35,36</sup>. La interrelación entre estos factores parece claramente demostrada en trabajos donde la FP mejora con el índice de masa corporal hasta un valor a partir del cual cualquier incremento de la masa corporal supone una reducción de la función respiratoria<sup>37</sup>. La mejora en la precisión de las estimaciones de la FP con la inclusión como predictoras de las 3 variables independientes analizadas podría relacionarse asimismo con el grado de desarrollo puberal, dado que en este grupo de edad hay individuos pre, peri y pospuberales, y es conocida la variabilidad en el inicio y la duración de la pubertad entre ambos sexos, así como entre personas del mismo sexo<sup>38</sup>.

El ajuste obtenido con las ecuaciones desarrolladas en nuestra población para la FVC, el FEV<sub>1</sub> y el FEF<sub>25-75%</sub> se encuentra entre los mejores observados en las ecuaciones disponibles, aunque para el PEF sucede lo contrario (tabla IV). Como en otros estudios<sup>3,17,19,20</sup>, las predicciones para la FVC y el FEV<sub>1</sub> son más precisas que para el PEF y el FEF<sub>25-75%</sub>, especialmente en el sexo femenino (tabla IV). Esto probablemente refleje la mayor variabilidad de estos últimos parámetros<sup>1,39</sup>.

Las diferencias entre los resultados obtenidos para la FVC con nuestra ecuación y con las otras analizadas (tabla IV) van desde un -4 a un +13% para varones (con 6 de ellas la diferencia es positiva y con otras 6, negativa, con una diferencia media del +1,8%) y desde un -8 hasta un +7% para el sexo femenino (positiva en 5 casos y negativa en 7, con una diferencia media del -1%). En el caso del FEV<sub>1</sub> las diferencias oscilan entre el -11 y el +6% en el sexo masculino (media: -2,9%), y entre el -14 y el +2% en el sexo femenino (media: -5,4%). Para el PEF las diferencias son mayores: entre un -8 y un +15% para varones, y entre un -2 y un +19% para mujeres (6 diferencias positivas y 2 negativas en cada sexo; diferencia media del +3% para varones y del +7,5% para mujeres). En el FEF<sub>25-75%</sub> las diferencias van desde un -16 hasta un +4% en varones (media: -6,4%) y desde un -17 a un +11% en mujeres (media: -5,1%). Globalmente, la FP de nuestra población estaría mayoritariamente infraestimada si se calculara a partir de predicciones procedentes de otras poblaciones. El PEF es una excepción, ya que los cálculos predichos para nuestra población sólo superan a los establecidos en población masculina por Rosenthal et al<sup>18</sup>, en población femenina por Coultas et al<sup>21</sup> y en ambos sexos por Trabelsi et al<sup>25</sup>. En cuanto a volúmenes, se ha observado la mayor concordancia con los estudios de Manzke et al<sup>17</sup> y Coultas et al<sup>21</sup> en varones, y con el de Hankinson et al<sup>3</sup> en mujeres. En los flujos se refleja mayor acuerdo con lo referido por Casan<sup>20</sup> en ambos sexos y por Hankinson<sup>3</sup> en población masculina.

Estas diferencias con otros estudios pueden estar relacionadas, al menos parcialmente, con diferencias en la población incluida. Algunos estudios incluyen a población de hasta 12 años<sup>19</sup>, otros hasta 14 años<sup>22-24</sup> y otros hasta 16 años<sup>17,25</sup>. Esto probablemente implique que un porcentaje amplio de los niños y adolescentes incluidos se encuentran en un estadio de madurez puberal menor que los de nuestro estudio (tabla V). Es bien conocido que las ecuaciones de referencia obtenidas para valores

espirométricos en estas edades no deben extrapolarse a otros intervalos de edad distintos de aquél para el que se han calculado<sup>40</sup>, así como el efecto que el desarrollo puberal ejerce sobre la función respiratoria<sup>1,31</sup>. Otro aspecto relevante es la diferencia en el tamaño muestral —desde los 328 individuos de Coultas et al<sup>21</sup> hasta los 11.630 de Wang et al<sup>7</sup>—, dada su influencia en la precisión de las estimaciones<sup>41</sup>. El número de niños y adolescentes analizados en nuestro trabajo (2.408) parece conferirle una relativa fortaleza en este aspecto, dado que supone un tamaño muestral superior al de la mayoría de estudios publicados con poblaciones cercanas a la nuestra (tabla V). Sólo 2 estudios de los 12 analizados tienen una muestra superior a la nuestra. El 25% de los trabajos evalúa a población menor de 14 años<sup>19,22,24</sup> y otros 2 incluyen a personas de hasta 16 años<sup>17,25</sup>.

El parámetro donde se observa mayor diferencia media entre nuestra ecuación y las referidas en la tabla IV es el PEF en el sexo femenino, un 8,8% inferior en nuestra población. Esto podría deberse, entre otras razones, a que nuestras niñas y adolescentes tengan menor fuerza muscular o un inicio de la pubertad más tardío, aspectos que no se han evaluado en nuestro estudio<sup>42</sup>.

Como se refiere en la sección “Resultados”, los varones por debajo de 140 cm o por encima de 160 cm de altura presentan valores de FVC, FEV<sub>1</sub>, PEF y FEF<sub>25-75%</sub> superiores a las mujeres. Esta diferencia es especialmente significativa por encima de los 160 cm de estatura, lo que es muy probable que guarde relación con el cese más temprano del crecimiento de la FP en el sexo femenino. El hecho de que entre los 140 y 160 cm las mujeres superen a los varones en algunos parámetros espirométricos de altura probablemente se deba al más precoz “estirón puberal” en el sexo femenino<sup>1,29,31,43-45</sup>.

En conclusión, en este trabajo presentamos las ecuaciones de predicción para obtener los valores de referencia de diversos parámetros de función respiratoria (FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC, PEF, FEF<sub>25-75%</sub>) en niños y adolescentes de Galicia. Las diferencias entre estas ecuaciones y las referidas por otros estudios parecen reforzar la necesidad de disponer de valores de referencia específicos de cada población, a fin de reducir los riesgos de errores en la interpretación de los resultados de las exploraciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. ATS Statement. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144:1202-18.
2. Wang X, Dockery DW, Wypij D, Gold DR, Speizer FE, Ware JH, et al. Pulmonary function growth velocity in children 6 to 18 years of age. *Am Rev Respir Dis.* 1993;148:1502-8.
3. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159:179-87.
4. Parma A, Magliocchetti N, Spagnolo A, Di Monaco A, Migliorino MR, Menotti A. Spirometric prediction equations for male Italians 7-18 years of age. *Eur J Epidemiol.* 1996;12:263-77.
5. Greenough A, Hird MF, Everett L, Price JF. Importance of using lung function regression equations appropriate for ethnic origin. *Pediatr Pulmonol.* 1991;11:207-11.
6. Hellmann S, Goren AI. The necessity of building population specific prediction equations for clinical assessment of pulmonary function tests. *Eur J Pediatr.* 1999;158:519-22.

7. Wang X, Dockery DW, Wypij D, Fay ME, Ferris BG Jr. Pulmonary function between 6 and 18 years of age. *Pediatr Pulmonol*. 1993;15:75-88.
8. Tanner JM, Hayashi T, Preece MA, Cameron N. Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: comparison with British and with Japanese Americans. *Ann Hum Biol*. 1982;9:411-23.
9. Schwartz JD, Katz SA, Fegley RW, Tockman MS. Analysis of spirometric data from a national sample of healthy 6- to 24-year-olds (NHANES II). *Am Rev Respir Dis*. 1988;138:1405-14.
10. Schwartz J, Katz SA, Fegley RW, Tockman MS. Sex and race differences in the development of lung function. *Am Rev Respir Dis*. 1988;138:1415-21.
11. Leis R, Pavon P, Queiro T, Recarey D, Tojo R. Atherogenic diet and blood lipid profile in children and adolescents from Galicia, NW Spain. The Galinut Study. *Acta Paediatr*. 1999;88:19-23.
12. Taussig LM, Chernick V, Wood R, Farrell P, Mellins RB. Standardization of lung function testing in children. Proceedings and recommendations of the GAP Conference Committee, Cystic Fibrosis Foundation. *J Pediatr*. 1980;97:668-76.
13. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 update. ATS Statement. *Am Rev Respir Dis*. 1987;136:1285-98.
14. Cleveland WS. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *J Am Stat Assoc* 1979;74:829-36.
15. Cole TJ, Freeman JV, Preece MA. British 1990 growth reference centiles for weight, height, body mass index and head circumference fitted by maximum penalized likelihood. *Stat Med*. 1998; 17:407-29.
16. Pérez-Padilla R, Regalado-Pineda J, Rojas M, Catalán M, Mendoza L, Rojas R, et al. Spirometric function in children of Mexico City compared to Mexican-American children. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35:177-83.
17. Manzke H, Stadlober E, Schellauf HP Combined body plethysmographic, spirometric 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.
18. Rosenthal M, Bain SH, Cramer D, Helms P, Denison D, Bush A, et al. Lung function in white children aged 4 to 19 years: I - spirometry. *Thorax*. 1993;48:794-802.
19. Chinn S, Rona RJ. Height and age adjustment for cross sectional studies of lung function in children aged 6-11 years. *Thorax*. 1992;47:707-14.
20. Casan P. Valores de referencia en la espirometría forzada para niños y adolescentes sanos [tesis doctoral]. Barcelona: Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona; 1985.
21. Coultas DB, Howard CA, Skipper BJ, Samet JM. Spirometric prediction equations for Hispanic children and adults in new Mexico. *Am Rev Respir Dis*. 1988;138:1386-92.
22. Sanz Ortega J, Martorell Aragonés A, Álvarez Ángel A, Bermúdez Edo JD, Carrasco Moreno JI, Saiz Rodríguez R, et al. Estudio de la función pulmonar basal (FVC, FEV<sub>1</sub>) en una población infantil de referencia. *An Esp Pediatr*. 1990;32:507-12.
23. Sanz Ortega J, Martorell Aragonés A, Álvarez Ángel A, Bermúdez Edo JD, Carrasco Moreno JI, Saiz Rodríguez R, et al. Estandarización de la espirometría forzada. Análisis de la función pulmonar basal (PEF, FEF<sub>25-75</sub>, FEF<sub>50</sub>) en una población infantil de referencia. *An Esp Pediatr*. 1990;32:499-506.
24. Morato Rodríguez MD, González Pérez-Yarza E, Emparanza Knörr JI, Pérez Legorboru A, Aguirre Conde A, Delgado Rubio A. Valores espirométricos en niños y adolescentes sanos de un área urbana de la Comunidad Autónoma Vasca. *An Esp Pediatr*. 1999;51:17-21.
25. Trabelsi Y, Ben Saad H, Tabka Z, Gharbi N, Bouchez Buvry A, Richalet JP, et al. Spirometric reference values in Tunisian children. *Respiration*. 2004;71:511-8.
26. Chinn DJ, Cotes JE, Martin AJ. Modelling the lung function of Caucasians during adolescence as a basis for reference values. *Ann Hum Biol*. 2006;33:64-77.
27. Ip MS, Karlberg EM, Karlberg JP, Luk KD, Leong JC. Lung function reference values in Chinese children and adolescents in Hong Kong. I. Spirometric values and comparison with other populations. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:424-9.
28. Connett GJ, Quak SH, Wong ML, Teo J, Lee BW. Lung function reference values in Singaporean children aged 6-18 years. *Thorax*. 1994;49:901-5.
29. Sherrill DL, Camilli A, Lebowitz MD. On the temporal relationships between lung function and somatic growth. *Am Rev Respir Dis*. 1989;140:638-44.
30. Andersen KL, Rutenfranz J, Seliger V, Ilmarinen J, Berndt I, Kylian H, et al. The growth of lung volumes affected by physical performance capacity in boys and girls during childhood and adolescence. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1984;52:380-4.
31. Borsboom GJ, Van Pelt W, Quanjer PH. Pubertal growth curves of ventilatory function: relationship with childhood respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis*. 1993;147:372-8.
32. Schrader PC, Quanjer PH, Van Zomeren BC, Wise ME. Changes in the FEV<sub>1</sub>-height relationship during pubertal growth. *Bull Eur Physiopathol Respir*. 1984;20:381-8.
33. Mohamed EI, Maiolo C, Iacopino L, Pepe M, Di Daniele N, De Lorenzo A. The impact of body-weight components on forced spirometry in healthy Italians. *Lung*. 2002;180:149-59.
34. Lazarus R, Colditz G, Berkey CS, Speizer FE. Effects of body fat on ventilatory function in children and adolescents: cross-sectional findings from a random population sample of school children. *Pediatr Pulmonol*. 1997;24:187-94.
35. González Barcala FJ, Takkouche B, Valdés L, Leis R, Álvarez-Calderón P, Cabanas R, et al. Body composition and respiratory function in healthy non-obese children. *Pediatr Int*. 2007;49: 553-7.
36. Lazarus R, Gore CJ, Booth M, Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilatory function in adults. *Am J Clin Nutr*. 1998;68:35-41.
37. Pistelli F, Bottai M, Viegi G, Di Pede F, Carrozzi L, Baldacci S, et al. Smooth reference equations for slow vital capacity and flow-volume curve indexes. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:899-905.
38. Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA. Growth at puberty. *J Adolesc Health*. 2002;31:192-200.
39. Pattishall EN. Pulmonary function testing reference values and interpretations in pediatric training programs. *Pediatrics*. 1990;85: 768-73.
40. Subbarao P, Lebecque P, Corey M, Coates AL. Comparison of spirometric reference values. *Pediatr Pulmonol*. 2004;37:515-22.
41. Gernand W, Dumnicka P, KuÈnierz-Cabala B, Kapusta M, Solnica B. Lower confidence limits for critical systematic errors. *Clin Biochem*. 2007;40:1317-20.
42. Krowka MJ, Enright PL, Rodarte JR, Hyatt RE. Effect of effort on measurement of forced expiratory volume in one second. *Am Rev Respir Dis*. 1987;136:829-33.
43. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*. 1976;51:170-9.
44. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis*. 1983;127:725-34.
45. Brandli O, Schindler C, Kunzli N, Keller R, Perruchoud AP. Lung function in healthy never smoking adults: reference values and lower limits of normal of a Swiss population. *Thorax*. 1996;51:277-83.