

Valores de referencia de flujo espiratorio pico en niños y adolescentes sanos en la ciudad de Bogotá

Carlos Rodríguez Martínez MD*; Mónica Patricia Sossa MD**

RESUMEN

Introducción. Los medidores de flujo pico han sido ampliamente utilizados para el monitoreo de pacientes asmáticos. Es importante contar con valores de referencia de función pulmonar adecuados, para una adecuada interpretación de los resultados. Sin embargo, hasta donde conocemos, no hay valores de referencia de flujo espiratorio pico (FEP) en niños y adolescentes sanos en la ciudad de Bogotá.

Objetivo. Se realizó un estudio para determinar valores de referencia de FEP de niños y adolescentes sanos en la ciudad de Bogotá.

Diseño. Estudio observacional analítico de corte transversal.

Materiales y métodos. 118 niños y adolescentes sanos, con edades entre 4 a 18 años, atendidos en el servicio de consulta externa, realizaron mediciones de FEP entre octubre de 2002 y febrero de 2003. Se realizaron varios análisis de regresión lineal múltiple para predecir los valores de FEP para cada sexo separadamente.

Resultados. Se presentan las ecuaciones de predicción para los valores de FEP para ambos sexos, utilizando la talla como variable predictora. También se presentan los gráficos que relacionan el FEP con la talla. Comparados con los valores derivados de las ecuaciones de predicción de Godfrey, los valores que hallamos fueron similares para los niños de tallas menores, pero menores valores a medida que aumentó la talla.

Conclusiones. Concluimos que diferentes mecanismos pueden ser los determinantes principales de los valores de FEP en niños de diferentes tallas.

Palabras clave: Flujo espiratorio pico; ecuaciones de predicción; niños y adolescentes sanos.

SUMMARY

Background. The use of peak flow meters has been widely adopted for monitoring patients with asthma. Availability of appropriate reference values is essential for an appropriate interpretation of the results of any pulmonary function test. However, to the best of our knowledge, there is no information regarding peak expiratory flow (PEF) reference values in healthy children and adolescents in Bogota.

Objective. A study was performed to determine reference values for PEF in healthy children and adolescents in Bogota.

Design. An observational analytical cross sectional study.

Patients and methods. 118 healthy children and adolescents, aged 4 to 18 years, from our outpatient clinic, recorded peak expiratory flow rates between October 2002 and February 2003. Various regression models were applied to explain the PEF values and for each sex separately.

Results. Prediction equations for PEF for both sexes are presented, with height as the predictor variable. Plots of PEF vs height are presented too. Compared with data from Godfrey's prediction equations, PEF values showed a similar pattern in smaller children of both sexes, but lower values were found as height increased.

Conclusions. Our findings support the conclusion that different mechanisms may be the main determinants of PEF values in small and tall children.

Key words: Peak expiratory flow; prediction equations; healthy children and adolescents.

* Neumólogo Pediatra Hospital Santa Clara - Organización Sánitas Internacional.

** Residente de primer año de Medicina Interna Universidad El Bosque - Hospital Santa Clara.

Correspondencia a: Dr. Carlos E. Rodríguez Martínez
Hospital Santa Clara
Carrera 15 No. 1-59 sur.
Fax 3373286
E-mail carlos2571@007mundo.com

INTRODUCCIÓN

Los valores de referencia cumplen un papel importante en la definición de si una determinada medición realizada en un individuo se encuentra dentro de un rango esperado para una persona sana del mismo sexo, y similar edad, estatura y otras características (1). Es necesario tener disponibles valores de referencia para realizar una adecuada valoración de la función pulmonar en pacientes pediátricos con sospecha de patología respiratoria. De esta manera, si una determinada medición cae por fuera del intervalo de referencia escogido, se debe sospechar patología y proceder a realizar investigaciones adicionales (2). Se ha recomendado que en lo posible cada laboratorio de función pulmonar establezca sus propios valores de referencia y compare sus futuras mediciones con estos valores. Cuando esto no sea posible, estos valores de referencia se deben obtener de alguno de los publicados en la literatura, siempre y cuando éstos hayan sido determinados con una metodología similar, y se hayan realizado en sujetos con similares características de las variables que afectan la función pulmonar, tales como sexo, edad, talla, raza, y estado nutricional y socioeconómico (3). Es difícil definir una población "normal" de la cual deberían derivarse las ecuaciones de predicción y los valores de referencia. Sin embargo, por razones prácticas se ha sugerido utilizar las recomendaciones de la Conferencia GAP para definir un niño "sano" (4). 1) No presencia de enfermedad aguda o crónica del sistema respiratorio, 2) No presencia de enfermedades mayores del sistema respiratorio como anomalías congénitas, o antecedentes de neumonía necrotizante o cirugía torácica, 3) No enfermedades sistémicas que se conozca afecten directa o indirectamente al sistema respiratorio, 4) No más que un contacto incidental con el cigarrillo, y 5) No historia de infecciones del tracto respiratorio superior en las tres semanas previas a la medición (3).

El flujo espiratorio pico (FEP) es el máximo flujo de aire que se alcanza durante una maniobra de espiración forzada máxima iniciada a partir de un nivel de insuflación pulmonar máxima (5). Su medición ha sido ampliamente utilizada para el monitoreo de los pacientes con asma, siendo de utilidad para monitorizar el progreso de la limitación al flujo de aire, los efectos del tratamiento, y en estudios epidemiológicos y ocupacionales para identificar la presencia de la limitación al flujo aéreo, y determinar su severidad y variabilidad (6). En adultos, la dispersión alrededor del valor predicho de FEP es independiente de la media, por lo que no se recomienda expresar los resultados de su medición como porcentaje del valor predicho (7,8). En

niños y adolescentes, sin embargo, esta dispersión es proporcional a la media, por lo que en este grupo de edad si es justificable expresar los valores observados como porcentaje del predicho (9). A pesar de esto, muy pocos de los valores de referencia de FEP publicados en la literatura han sido determinados con una muestra suficientemente grande de niños y adolescentes sanos, como para recomendar de manera rutinaria su uso en este grupo etéreo (10). Adicionalmente, hasta donde conocemos, en nuestro medio no disponemos de valores de referencia de FEP en niños y adolescentes sanos.

El objetivo de este estudio fue construir ecuaciones de predicción y determinar valores de referencia de FEP para niños y adolescentes sanos residentes en la ciudad de Bogotá, y compararlos con los principales valores utilizados en nuestro medio.

MÉTODOS

Niños y adolescentes sanos, de 4 a 18 años, que asistieron al servicio de Consulta Externa de Pediatría a control de Crecimiento y Desarrollo, realizaron las mediciones de FEP entre octubre de 2002 y febrero de 2003. Un cuestionario y el consentimiento informado escrito fueron distribuidos y recolectados por los investigadores. El cuestionario identificó sujetos con síntomas sugestivos de asma, otras patologías respiratorias, problemas cardíacos, o alguna otra enfermedad que se conozca afecte directa o indirectamente al sistema respiratorio, así como sujetos con exposición a tabaquismo pasivo. A los niños con historia de algunas de estas patologías se les ofreció realizarles la medición del FEP, aunque sus resultados no fueron incluidos en el análisis.

Todos los demás niños y adolescentes, es decir, los que no tenían historia de patología que afecte el sistema respiratorio, y los que tuvieron el consentimiento informado firmado por sus padres, conformaron la población de estudio, comprendiendo un total de 118 niños (62 niños y 56 niñas). Al momento de realizar la medición del FEP a los niños y adolescentes se les interrogó acerca de síntomas gripales en ese momento, y a los últimos acerca de hábitos de tabaquismo activo. Los fumadores fueron excluidos del análisis, y a los niños con síntomas gripales se les ofreció realizarles la medición tres semanas después.

Previo a la medición del FEP, a cada uno de los individuos se les midió, calculó y registró el peso, talla, superficie corporal e índice de masa corporal. La

determinación de la talla se realizó con los individuos descalzos; de la misma manera el peso se midió sin zapatos, vestidos, con los bolsillos desocupados, de acuerdo a metodología estandarizada y descrita anteriormente (11).

Se utilizó un medidor de flujo pico portátil (Peak Flow Meter Vitalograph® Inc), el cual se calibró semanalmente. El flujómetro del estudio se calibró comparando sus lecturas con las registradas en un flujómetro nuevo, después de que una misma persona adecuadamente entrenada realizara la maniobra de espiración forzada en los dos instrumentos. Si esta lectura variaba más del 5% se consideraba que el flujómetro estaba descalibrado y se reemplazaba por uno nuevo.

Ninguno de los sujetos seleccionados tenía experiencia previa con la maniobra de medición del FEP o con la realización de alguna de las pruebas de función pulmonar. El investigador principal explicó el propósito de la medición, y realizó una demostración de la maniobra a cada uno de los individuos. Se les dieron indicaciones de tomar una inspiración máxima, y después de una pausa de máximo dos segundos a nivel de capacidad pulmonar total, soplar lo más fuerte posible sin permitir fugas de aire entre los labios y la pieza de boca (12). Las mediciones se realizaron con los pacientes de pie, sin pinzas nasales y sin permitir que flexionaran el cuello (13). Si la medición desencadenaba tos, su resultado no se tomaba en cuenta sólo si ocurría al principio de la maniobra o si interfería con la inspiración completa (6).

Después de asegurarse de que habían comprendido la maniobra y permitirles realizar dos intentos de práctica, se registró el mayor valor de FEP de tres maniobras correctamente realizadas. Si los dos mayores valores de tres maniobras realizadas de manera adecuada diferían más de 40 L.min⁻¹, se realizaban dos maniobras adicionales para intentar lograr mayor reproducibilidad de las mediciones (6). Cada individuo realizó un mínimo de 3 y un máximo de 8 intentos; si posterior a éstos no se obtenían maniobras adecuadas, no se incluían sus mediciones en el análisis (13).

En el caso que alguno de los valores de FEP medidos estuviera por debajo del 80% del predicho para los valores de referencia más usados en nuestro medio (14), se reinterrogaba dirigidamente a la persona encargada del paciente, se realizaba un examen físico y se posteriormente se realizaba una nueva medición del FEP. Esto se hizo para asegurarse que el sujeto no padeciera alguna sintomatología respiratoria no detectada previamente. Si no se detectaba al-

guna anomalía significativa, la prueba se incluía en el análisis, o en caso contrario, los resultados se excluían del análisis y si era necesario se remitía a consulta médica especializada.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para establecer las ecuaciones de predicción de valores de referencia de FEP se ajustaron varios modelos de regresión para cada sexo, utilizando la edad, peso, talla, superficie corporal e índice de masa corporal como variables predictoras. Se analizaron los modelos lineal, logarítmico, inverso, cuadrático, cúbico, compuesto, logístico y exponencial para determinar cual de ellos se ajustaba mejor a los datos. En estos modelos se incluyeron la transformación logarítmica de las variables para estabilizar la varianza del FEP en todos los rangos de talla y edad. La elección del modelo de regresión apropiado se realizó con base en dos consideraciones: 1) La mayor variación explicada de la variable dependiente, es decir el coeficiente de determinación (R²) y 2) Desviación standard constante de los residuos en los rangos de edad incluidos (como es asumido en un modelo de regresión múltiple).

Finalmente, antes de definir las ecuaciones de predicción definitivas se realizó una validación cruzada para determinar la fiabilidad de las ecuaciones mediante la determinación del coeficiente de reducción de la validación cruzada o "shrinkage on cross-validation" (15).

Todos los análisis fueron realizados usando el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS) Versión 10.0 (Chicago, Illinois USA).

RESULTADOS

De los 118 sujetos que se consideraron como "sanos" posterior al diligenciamiento de los cuestionarios, 11 (7 de sexo masculino, 4 de sexo femenino) fueron excluidos debido a varias razones, incluyendo infecciones del tracto respiratorio superior en las 3 semanas previas, tabaquismo activo, y/o incapacidad para obtener mediciones técnicamente aceptables. La edad (5.1 ± 1.0 años), peso (18.7 ± 4.3 Kg) y talla (111.1 ± 8.8 cm) de las 4 personas que presentaron dificultad para la realización de las maniobras fueron significativamente menores que las de los sujetos que pudieron ser incluidos debido a una correcta realización de las mismas ($p < 0.001$).

Los datos antropométricos y los valores de FEP de todos los niños y adolescentes que se incluyeron

para establecer las ecuaciones de predicción y los valores de referencia se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos antropométricos y mediciones de flujo espiratorio pico (FEP) de los niños y adolescentes sanos de los cuales se derivaron las ecuaciones de predicción de nuestro estudio.

	Niños (n= 55) [Media (SD)]	Niñas (n= 52) [Media (SD)]	valor p
Edad, años	9.1 (4-16) *	9.6 (4-18)	0.52
Peso, Kg	31.4 (10.7)	31.6 (12.8)	0.95
Talla, cm	32.9 (17.1)	133.6 (17.6)	0.85
IMC	17.3 (2.7)	16.9 (3.3)	0.55
SC, m ²	1.0 (0.1)	1.0 (0.1)	0.99
FEP, l.min ⁻¹	248.2 (76.8)	256.9 (81.0)	0.63

IMC= Índice de masa corporal; SC= superficie corporal; FEP= Flujo espiratorio pico.

* Rango de edad.

Para cada sexo por separado se analizaron varios modelos de regresión, realizando varias transformaciones de las variables, e incluyendo el FEP como variable dependiente. El mejor ajuste de los datos determinado mediante el coeficiente de determinación (R²) se obtuvo mediante el uso de las variables sin transformar; además de esta manera, las mediciones del FEP se distribuyeron de manera aproximadamente normal para la talla, edad y sexo de los sujetos. Después de la talla, la edad fue la próxima mejor variable predictora, aunque su inclusión en los modelos de regresión contribuyó en menos del 1% de la varianza en ambos sexos. Debido a esto, se utilizó la talla como única variable predictora para la elaboración de las ecuaciones de predicción de FEP en nuestros sujetos.

Tabla 3. Comparación entre los valores de flujo espiratorio pico calculados con las ecuaciones de predicción de nuestro estudio y los calculados con las ecuaciones más usadas en nuestro medio *

	Niños		Niñas	
	Estudio actual	Estudio comparativo †	Estudio actual	Estudio comparativo
FEP, l.min ⁻¹	248.3 (72.7)	279.8 (90.5) ‡	259.7 (73.1)	285.6 (92.4)

* Para los dos sexos, los valores de FEP calculados con nuestras ecuaciones de predicción fueron significativamente menores que los calculados con las ecuaciones de predicción utilizadas en el estudio comparativo (p < 0.05).

† El estudio comparativo utilizado fue el de Godfrey (14).

‡ Valores expresados como media (DS).

El valor de reducción ("shrinkage value") calculado fue de 0.12, indicando una buena confiabilidad del modelo; por tanto, para la elaboración de las ecuaciones de predicción finales se utilizaron las mediciones de todos los 107 sujetos que se consideraron "sanos" posterior al diligenciamiento del cuestionario, y que no se excluyeron posteriormente debido a los motivos mencionados.

Los parámetros estimados: el intercepto (a), la pendiente (b), el coeficiente de determinación (R²) y la desviación standard de los

residuos se muestran para cada sexo por separado en la Tabla 2. La comparación entre los valores de FEP hallados en nuestro estudio con uno de los más usados en nuestro medio se muestra en la Tabla 3.

Tabla 2. Ecuaciones de predicción de FEP de niños y adolescentes sanos de la ciudad de Bogotá. *

	Sexo	n	α	β	R ²	SD residuos
FEP, l.min ⁻¹	M	55	- 316.69	4.25	0.89	0.98
	F	52	- 301.01	4.17	0.82	0.98

FEP = Flujo espiratorio pico

* Función: FEP = α + β x talla

Al comparar los valores de FEP hallados en nuestro estudio con los del estudio de Godfrey (14), encontramos que el FEP se comportó de manera similar para sujetos de ambos sexos: para los sujetos con tallas más bajas los valores de FEP pulmonar fueron similares, e incluso mayores en nuestro estudio para las niñas; sin embargo, a medida que aumentó la talla, los valores de FEP fueron progresivamente menores en los pacientes de nuestro estudio, siendo esta diferencia más grande entre mayor fue la talla. (Gráficos 1 y 2).

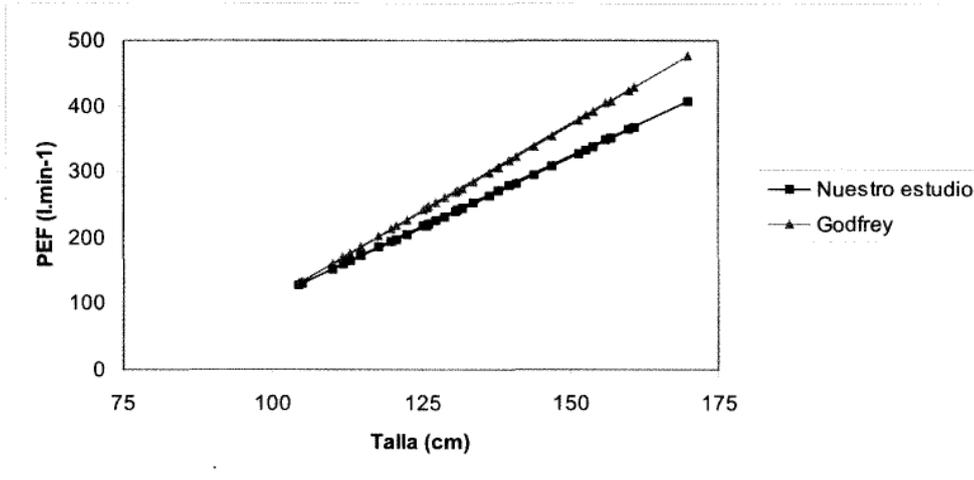
Los nomogramas que se construyeron para cada sexo relacionando

el FEP con la talla, con dos Desviaciones Standard (DS) se muestran en los gráficos 3 y 4.

con el máximo valor alcanzado (MVA), y la determinación de la variabilidad de las mediciones seriadas del FEP (6). En la práctica clínica, los valores de referencia, a menudo denominados valores "normales" o "predichos", pueden ser obtenidos de tablas, nomogramas y ecuaciones de regresión (6).

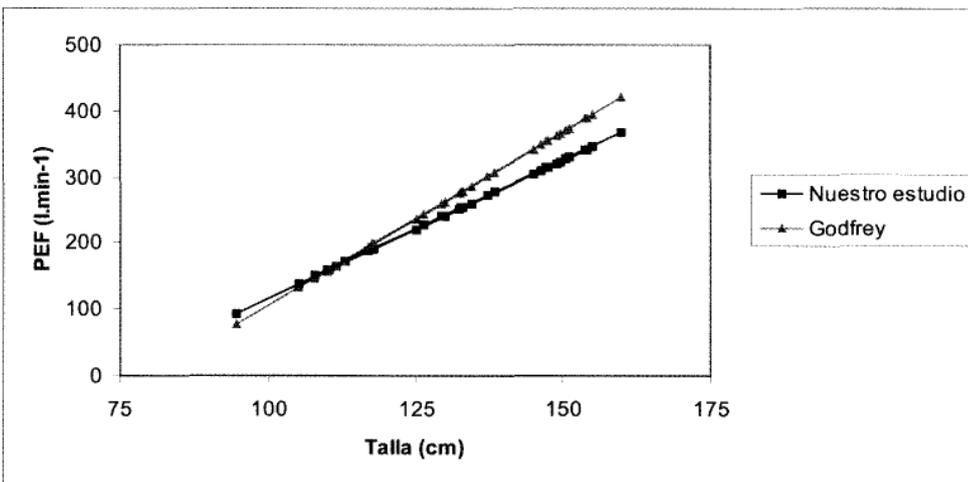
Es importante contar con valores de referencia de FEP de niños y adolescentes de nuestro medio, para de esta manera realizar un mejor monitoreo de los pacientes asmáticos, y compararlos con otros valores de referencia, para tratar de establecer las causas de las diferencias, en caso de que existan.

Gráfico 1. Descripción gráfica de los valores de FEP para sujetos de sexo masculino según nuestras ecuaciones de predicción y una de las más utilizadas en nuestro medio *



* El estudio comparativo utilizado fue el de Godfrey (14).

Gráfico 2. Descripción gráfica de los valores de FEP para sujetos de sexo femenino según nuestras ecuaciones de predicción y las una de las más utilizadas en nuestro medio *



* El estudio comparativo utilizado fue el de Godfrey (14).

DISCUSIÓN

Hay varias estrategias para interpretar los valores medidos de FEP, siendo las principales la comparación de éstos con valores de referencia de sujetos "normales" con características antropométricas similares, la comparación de una determinada medición

alveolar alcanzada por los primeros, se contrarresta con el mayor diámetro de las vías aéreas de las segundas (16). En nuestro estudio, los sujetos menores de 14 años de sexo masculino y femenino tuvieron valores similares de FEP (243.9 ± 72.9 ; 243.6 ± 74.7 ; $p=0.98$), mientras que los sujetos de sexo masculino mayores de esta edad tuvieron un FEP mayor

Los principales determinantes del FEP en sujetos sanos son la dimensión de las vías aéreas grandes intra y extratorácicas; la fuerza y coordinación de los músculos espiratorios, predominantemente los abdominales (las cuales pueden aumentarse por medio del entrenamiento); la velocidad a la cual se alcanza la máxima presión alveolar; las propiedades elásticas del pulmón y el volumen pulmonar (el cual depende de las dimensiones de la caja torácica, y por tanto la talla) (6). Se ha descrito que antes de los 13 a 15 años, los niños y niñas tienen valores similares de FEP, debido a que la mayor presión

que las de sexo femenino (410 ± 79.8 ; 353 ± 80.5 ; $p=0.02$), lo que confirma la importancia de estos dos factores en los valores de FEP observados en nuestros pacientes.

En 1970 Godfrey S. y colaboradores(14), publicaron ecuaciones de regresión lineares de valores de FEP para sujetos sanos de ambos sexos con rangos de edad y talla similares a los de nuestro estudio; utilizaron la talla como principal variable predictora; realizaron las mediciones con medidor de flujo pico; y aunque no especificaron la posición en que se realizaron las mediciones, se pueden comparar con las ecuaciones derivadas de nuestro estudio. Al comparar los gráficos derivados de nuestras ecuaciones con las de Godfrey, encontramos que el FEP se comportó de manera similar para sujetos de ambos sexos: para los sujetos con tallas más bajas los valores de FEP pulmonar fueron similares, e incluso mayores en nuestro estudio para las niñas; sin embargo; a medida que aumentó la talla, los valores de FEP fueron progresivamente menores en los pacientes de nuestro estudio, siendo esta diferencia más grande entre mayor

fue la talla (Gráficos 1 y 2). Para los dos sexos, el valor promedio de FEP calculado con nuestras ecuaciones de predicción fue significativamente menor que el calculado con las ecuaciones de predicción de Godfrey ($p < 0.05$). La diferencia hallada es poco probable que sea debida a una distinta técnica o metodología empleada entre los estudios, ya que esta diferencia no fue uniforme a través de todo el rango de talla. De la misma manera, es poco probable que las diferencias observadas sean debidas al efecto del aprendizaje que resulta de la realización repetidas de la maniobra de espiración forzada (17), debido a que no es lógico que este efecto ocurra sólo en los sujetos de tallas menores, y no en los de tallas mayores. Tampoco es probable que la diferencia observada haya sido debida a una selección de pacientes menos estricta que el estudio comparativo, y se hayan incluido algunos pacientes con algún grado de obstrucción de la vía aérea, ya que a los sujetos que tuvieron valores bajos de FEP se les reinterrugó, se les realizó un examen físico y se les repitió la maniobra para asegurarse que no padecieran alguna sintomatología respiratoria no detectada previamente.

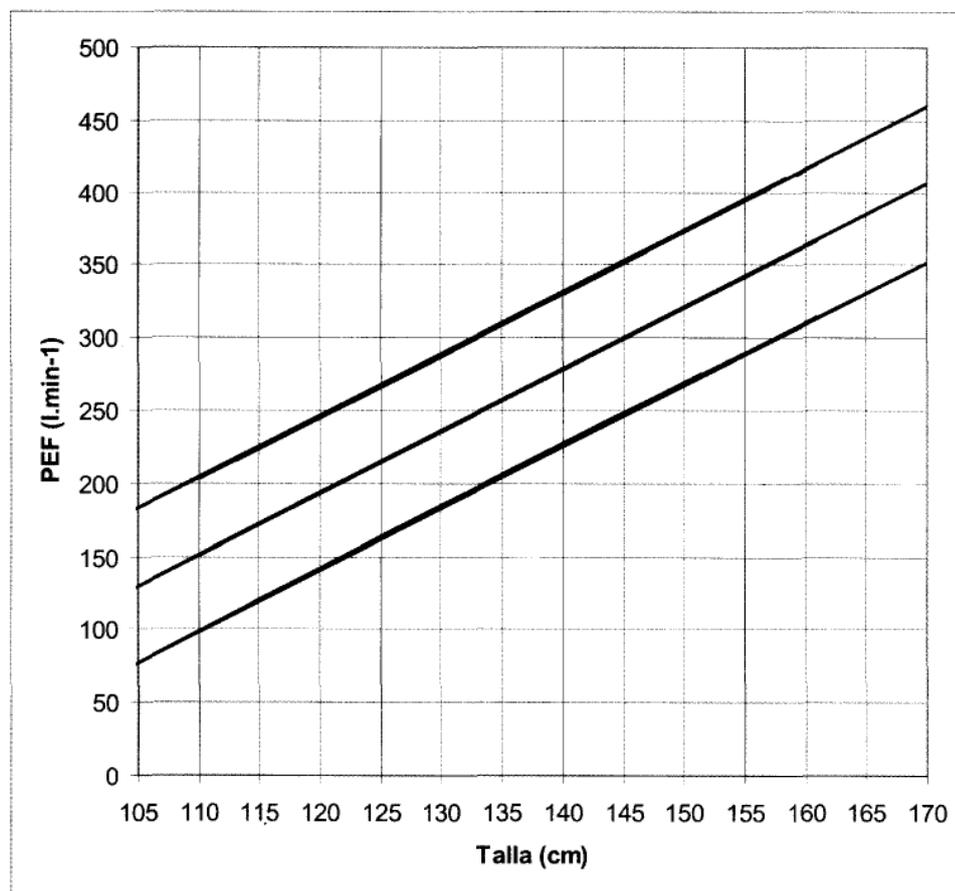


Gráfico 3. Nomograma relacionando el FEP y la talla, con dos desviaciones Standard (DS), en niños y adolescentes de sexo masculino.

En varios estudios se han reportado diferencias raciales en varios índices de función pulmonar (18,19). Los principales factores que explican estas diferencias comprenden los relacionados con la forma y tamaño del tórax, especialmente las diferentes proporciones corporales descritas en sujetos de diferentes orígenes étnicos (20), determinando diferencias en el tamaño de la cavidad torácica, y por tanto en el diámetro de las vías aéreas y en el número de alvéolos (21). Por otra parte, se ha descrito que la fuerza de los músculos respiratorios, está afectada por factores tales como el ejercicio, nutrición y el estado de salud en general (22,23). Por tanto, es concebible considerar que las diferencias encontradas en los valores de FEP de nuestros sujetos y los utiliza-

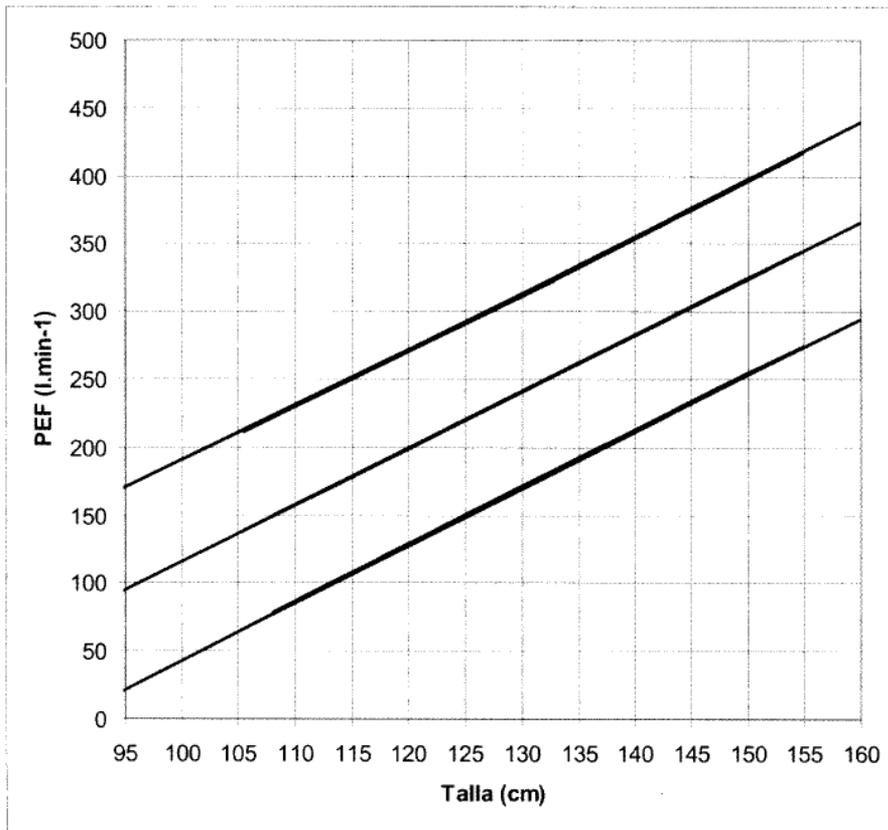


Gráfico 4. Nomograma relacionando el FEP y la talla, con dos Desviaciones Standard (DS), en niños y adolescentes de sexo femenino.

dos por Godfrey, sean debidas a diferencias en la dimensión de las vías aéreas y a diferencias en factores que afectan la fuerza de los músculos respiratorios, tales como los mencionados factores nutricionales y del estado general de salud, siendo mayor el diámetro de las vías aéreas de nuestros pacientes, y mejor el estado nutricional y general de salud en los pacientes del estudio comparativo. Este hecho podría indicar que la dimensión de las vías aéreas sería un factor determinante del FEP más importante en sujetos de tallas menores, mientras que la fuerza de los músculos respiratorios sería un factor más importante para los sujetos de mayor talla. Esta teoría explicaría el hallazgo de que en los sujetos de tallas menores encontramos valores de FEP similares, e incluso mayores en nuestro estudio para las niñas (en las cuales se ha descrito que tienen vías aéreas de mayor diámetro respecto a niños de la misma talla), y valores de FEP progresivamente menores en nuestros sujetos comparados con los de Godfrey, a medida que aumentó la talla.

La principal limitación del estudio es que el muestreo de los sujetos se realizó por conveniencia, existiendo la posibilidad de que no sean representativos de la población general. Sin embargo, el hecho de

que estos sujetos tengan acceso a los servicios de salud, y que sean llevados a Consulta Externa de Pediatría a control de Crecimiento y Desarrollo, hace probable que tengan un mejor estado de salud y un mejor estado nutricional que otros sujetos que no incluimos en el estudio. Este hecho podría haber sobre-estimado los valores de FEP que hallamos en nuestro estudio respecto a los valores de la población general, lo que aumentaría aún más la diferencia entre nuestros hallazgos con los del estudio comparativo. En ausencia de otros estudios en nuestro medio, nuestros hallazgos deben considerarse exploratorios, y requieren ser tomados en cuenta en otras investigaciones sobre el tema.

En conclusión, consideramos que diferentes mecanismos parecen ser los principales determinantes de los valo-

res de FEP en niños de diferentes tallas, y por tanto de distintas edades, siendo el diámetro de las vías más importante en los niños menores, y la fuerza de los músculos respiratorios de mayor importancia en los mayores. Se requieren estudios adicionales sobre el tema en nuestro medio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Ricardo Aristizábal y al Dr. Guillermo Ortiz por su colaboración con la revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

1. Stocks J, Quanjer P.H. Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. ATS workshop on lung volume measurements. Official statement of the European Respiratory Society. Eur Respir J 1995; 8: 492-506.
2. Lung function testing: Selection of reference values and interpretative strategies. Medical Section of the American Lung Association. American Thoracic Society. Am Rev Respir Dis 1991; 144:1202-18.
3. Quanjer PhD, Stocks J, Polgar G, et al. Compilation of refer-

- ence values for lung function measurements in children. *Eur Respir J* 1989; 2(Suppl.4): 184s-261s.
4. Taussig LM, Chernick V, Wood R, et al. Standardization of lung function testing in children. Proceedings and recommendations of the GAP Conference Committee, Cystic Fibrosis Foundation. *J Pediatr* 1980; 97:668-76.
 5. Kano S, Burton DL, Lanteri CJ, et al. Determination of peak expiratory flow. *Eur Respir J* 1993; 6:1347-52.
 6. Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, et al. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a Working Part of the European Respiratory Society. Official ERS Statement. *Eur Respir J* 1997; 10: Suppl.24, 2s-8s.
 7. Oldham PD. Percent of predicted as the limit of normal in pulmonary function testing: a statistically valid approach. *Thorax* 1979; 34: 569-70.
 8. Miller MR, Pincock AC. Predicted values: how should we use them? *Thorax* 1988; 43: 265-67.
 9. Quanjer PhH. Predicted values: how should we use them (Letter). *Thorax* 1988; 43: 663-64.
 10. Sobol BJ, Weinheimer B. Assessment of ventilatory abnormality in the asymptomatic subject: an exercise in futility. *Thorax* 1966; 21: 445-49.
 11. Leung SS, Lau JT, Xu YY, et al. Secular changes in standing height, sitting height and sexual maturation of Chinese. The Hong Kong Growth study. *Ann Hum Biol* 1996; 23: 297-306.
 12. Quanjer PhH, Tammeling GJ, Cotes JE, et al. Lung volumes and forced ventilation flows; 1993 update. Report Working Party "Standardization of Lung Function Tests", European Coal and Steel Community, and European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; 6(Suppl.16):5-40.
 13. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1107-36.
 14. Godfrey S, Kamburoff PL, Nairn JL. Spirometry, lung volumes and airway resistance in normal children ages 5 to 18 years. *Br J Dis Chest*, 1970; 64, 15-24.
 15. Kleinbaum DG, Kupper LL, Muller KE. Applied regression analysis and other multivariate methods. Second edition. Boston: PWS-Kent Publishing Company; 1987.
 16. Nunn AJ, Gregg I. New regression equations for predicting peak expiratory flow in adults. *Br Med J* 1989; 298: 1068-70.
 17. Enright PL, Sherrill DL, Lebowitz MD. Ambulatory monitoring of peak expiratory flow: reproducibility and quality control. *Chest* 1995; 107: 657-61.
 18. Wang X, Dockery DW, Wypij D, et al. Pulmonary function between 6 and 18 years of age. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 75-88.
 19. Greenough A, Hird MF, Everett L, et al. Importance of using lung function regression equations appropriate for ethnic origin. *Pediatr Pulmonol* 1991; 11: 207-11.
 20. Hsu KHK, Jenkins DE, Hsi BP, et al. Ventilatory functions of normal children and young adults - Mexican-American, white, and black. I Spirometry. *J Pediatr* 1979; 95: 14-23.
 21. Donnelly PM, Yang TS, Peat JK, et al. What factors explain racial differences in lung volumes? *Eur Respir J* 1991; 4: 829-38.
 22. Mary SM, Karlberg EM, Johan PE, et al. Lung function reference values in chinese children and adolescents in Hong Kong. Spirometric values and comparison with other populations. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 424-29.
 23. Primhak R, Coates FS. Malnutrition and peak expiratory flow rate. *Eur Respir J* 1988; 1: 801-03.