

Evaluación de dos medidores portátiles de flujo espiratorio máximo y valores de referencia para escolares de 6 a 16 años

N. Cobos Barroso¹, C. Reverté Bover², S. Liñán Cortés¹

Resumen. *Objetivos:* Conocer las características técnicas de dos modelos de medidores portátiles de flujo espiratorio máximo (FEM), de rango alto, y los valores de referencia de nuestros escolares.

Material y métodos: Estudiamos la exactitud y precisión de 20 unidades de cada modelo (PF-Control y Mini-Wright), mediante una jeringa servocontrolada por ordenador que simulaba 4 flujos preestablecidos (125, 262, 425 y 587 L/min). Se interrogó a los familiares acerca de tabaquismo pasivo, antecedentes de asma, bronquitis de repetición o infección respiratoria reciente en el escolar. Medimos el FEM de 1142 escolares - 669 chicos y 473 chicas - entre 6 y 16 años, pertenecientes a 6 poblaciones de diferentes características demográficas y sociales de Cataluña.

Resultados: Las lecturas de ambos modelos difieren en exactitud, aunque presentan una buena precisión intraaparatos. El PF-Control presenta una exactitud para flujos de 425 y 587 L/min dentro de los intervalos de confianza, sobrelectura del 15,3% para el flujo de 262 L/min e infralectura del 19,2% para el flujo de 125 L/min. El Mini-Wright presenta sobrelecturas entre 17,9% y 30,2%, ajustándose para exactitud sólo en el flujo de 587 L/min. No encontramos relación entre FEM y tabaquismo familiar (56,3%), antecedentes de asma (7,1%), bronquitis de repetición (11%) o infección respiratoria reciente (7,7%).

Conclusiones: Las diferencias de exactitud entre ambos modelos obligan a utilizar tablas distintas, que se presentan con los percentiles 10, 50 y 90, y que pueden usarse como referencia de nuestra población escolar, en relación a edad, talla y sexo.

An Esp Pediatr 1996;45:619-625.

Palabras clave: Flujo espiratorio máximo; Medidor de flujo espiratorio máximo; Asma; Monitorización; Hábito tabáquico.

EVALUATION OF TWO PORTABLE PEAK EXPIRATORY FLOW METERS AND REFERENCE VALUES FOR SCHOOLCHILDREN 6-16 YEARS OF AGE

Abstract. *Objective:* This study examines the technical characteristics of two different peak expiratory flow meters, of high range, and the reference values of peak expiratory flow (PEF) for schoolchildren.

Patients and methods: The gauge accuracy and precision were previously determined in 20 units of each model (PF-Control and Mini-Wright), with a syringe servocontrolled by simulating 4 predetermined PEF fluxes (125, 262, 424 and 587 L/min). Relatives were asked about passive smoking and the childhood background concerning asthma,

recurrent bronchitis or recent respiratory infection. The PEF of 1,142 schoolchildren, 669 boys and 473 girls between 6 and 16 years of age and coming from 6 different locations of different demographic and social characteristic of Catalonia, Spain, were measured.

Results: Readings of both gauges differed in accuracy, although they presented a good intradevice precision. The PF-control is within the reliance intervals for fluxes of 425 and 587 L/min, with a supereading of 15.3% for the 262 L/min and infraeading of 19.2% for the 125 L/min controls. Flux with the Mini-Wright shows systematic over-reading of between 17.9% and 30.2%, with an accurate reading only in the 587 L/min control flux. No significant correlation was found between the PEF and family passive smoking (56.3%), pupils with asthma background (7.1%), recurrent bronchitis (11%) or recent respiratory infection (7.7%).

Conclusions: The accuracy difference forces the use of diverse percentile tables for each of the PEF gauge patterns; hence, we present the reference tables for each gauge, in means of 10, 50 and 90 percentiles, which can be used as reference values for our school population according to their age, size and sex.

Key words: Peak expiratory flow. Peak expiratory flow meter. Asthma. Monitorization. Smoking habit.

Introducción

El ápice de flujo espiratorio o flujo espiratorio máximo (FEM) es el valor del mayor flujo generado durante una espiración forzada desde la máxima inspiración sin apnea previa, y es dependiente del esfuerzo coordinado voluntario de la fuerza muscular, del calibre de la vía aérea, del volumen pulmonar y de las características mecánicas -viscoelasticidad- del parénquima pulmonar. (Fig. 1)

La medición del FEM varía si se determina mediante equipos de laboratorio para la medición de espirometría forzada o a través de medidores portátiles, debido a las diferentes características técnicas de medición entre ambos métodos, aunque presentan, en general, una buena correlación⁽¹⁾. Las lecturas de FEM obtenidas mediante espirómetros se expresan en Litros/segundo (L/s) y las lecturas de medidores portátiles se muestran en Litros/minuto (L/min). Desde que en 1970, se publicaron los primeros valores normales de FEM para una población pediátrica⁽²⁾, utilizando el medidor de Martin Wright, que fue aceptado como estándar, han aparecido en la literatura múltiples artículos comparando diferentes curvas de regresión para distintas poblaciones y distintos medidores⁽³⁻⁶⁾. El medidor de Wright precisaba de calibración mediante un rotámetro que a su vez también debía ser calibrado.

¹Unidad de Neumología Pediátrica y Fibrosis Quística del Hospital Universitario Materno-Infantil Vall d'Hebron. Barcelona. ²Pediatra. Centro de Atención Primaria de Amposta.

Correspondencia: Conrado Reverté Bover
C/ Verge del Pilar, 6. 43540 Sant Carles de la Ràpita. Tarragona

Recibido: Noviembre 1995

Aceptado: Marzo 1996

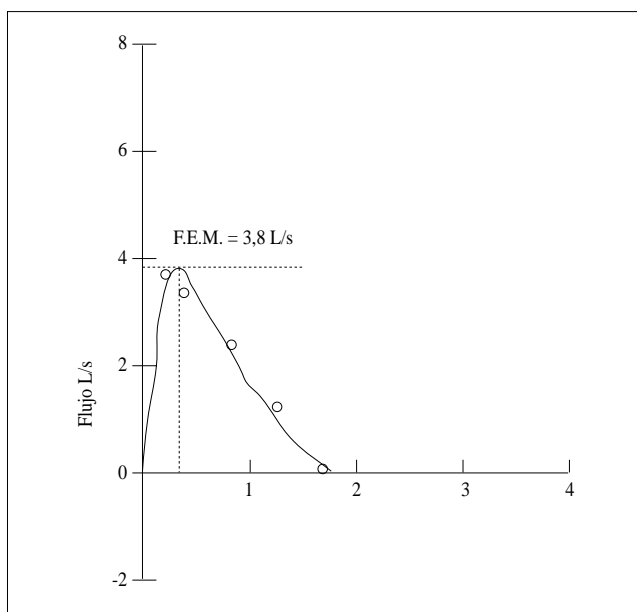


Figura 1. El FEM se expresa en L/s en la espirometría, mientras que en los medidores portátiles se muestra en L/min. En este ejemplo de curva flujo-volumen, el FEM es de 3,8 L/s, equivalente a 228 L/min si la lectura se hubiese obtenido mediante un medidor portátil. Aunque los valores difieren en valor absoluto, el valor relativo es el mismo, puesto que: $60 \times \text{L/s} = \text{L/min}$.

Los consensos internacionales^(7,8) y los programas educativos⁽⁹⁾ sobre tratamiento del asma abogan por la monitorización del FEM en los pacientes asmáticos, como una ayuda más para lograr un control integral sobre la enfermedad. La aceptable correlación entre las lecturas del FEM y del FEV₁⁽¹⁰⁾, ofrece un valor potencial de que los registros de FEM detecten cambios precoces de la función pulmonar, lo que faculta al paciente o al médico a plantear una estrategia de tratamiento más enérgica de cara a prevenir y controlar las crisis, ya que algunos pacientes tienen una percepción no correcta del nivel de obstrucción bronquial - sobre todo los niños⁽¹¹⁾ -; por ello, la monitorización del FEM permite una evaluación diaria de la labilidad bronquial y de su respuesta a la terapéutica.

El tono broncomotor tiene un ritmo circadiano, con un máximo a las 4 de la mañana, coincidiendo con la máxima concentración plasmática de histamina, mínima de epinefrina y menor FEM. Este ritmo fisiológico está aumentado en los asmáticos y lo denominamos labilidad bronquial.

La labilidad bronquial diaria se expresa como porcentaje: 1º.- Variabilidad diaria, % = $(\text{FEM mayor del día} - \text{FEM menor del día}) \times 100 / \text{media de las dos lecturas}$; y 2º.- Variabilidad entre días, % = $(\text{FEM mayor de la mañana de un día} - \text{FEM mayor de la mañana del día siguiente}) \times 100 / \text{media de los dos valores}$.

Según el *National Asthma Education Program*⁽⁹⁾ una reducción del 20% sobre el mejor F.E.M es clínicamente significativa. El grado de variabilidad y el porcentaje de descenso respec-

Tabla I Lecturas medias y porcentajes de los dos medidores portátiles de FEM respecto al PWG. La exactitud del PF-Control es mayor que la del Mini-Wright

PWG L/min	Mini-Wright L/min	Mini-Wright %	PF-Control L/min	PF-Control %
125	159	27,2	101	-19,2
262	341	30,2	302	15,3
425	500,9	17,9	457	7,5
587	638,5	8,8	595	1,4

to al mejor FEM permiten la confección de índices de gravedad del asma. Los estudios más recientes comunican valores de variabilidad media en el día de 3,7%, y entre días de = 0,08%, con distribución normal, en adultos sanos⁽¹²⁾; mientras otros autores, citan como significativas disminuciones del FEM del 6 a 8% en adultos y del 9 a 10% en niños⁽¹³⁾. Durante la práctica de una prueba de broncoconstricción por ejercicio, el descenso del 15% del FEM basal se acepta como diagnóstico⁽¹⁴⁾.

Por otra parte, el estudio de las características de exactitud (diferencia entre el valor real y el medido) y reproducibilidad o precisión (diferencia numérica entre sucesivas medidas) de las distintas marcas comerciales de medidores, mediante jeringas de calibración computarizadas, cuestiona el uso indiscriminado de dichos medidores para diagnóstico, dados los valores de infra o sobrelectura a distintos rangos de escala que muchos de ellos presentan^(15,16).

Por ello, iniciamos un estudio en dos fases, con el objetivo de conocer las características técnicas de dos modelos distintos de medidores de FEM de rango alto y de uso frecuente en nuestro medio, así como las lecturas de FEM de nuestra población escolar mediante estos dos medidores. En la primera fase se evaluó la exactitud y precisión de los dos modelos: PF-Control (Leti S.A., Barcelona, España) y Mini-Wright (Clement Clarke Ltd, Essex, England), éste con valores de referencia publicados con anterioridad⁽³⁻⁶⁾. En la segunda fase se estudió la variabilidad individual en una población pediátrica y se crearon las tablas de referencia de FEM según talla, edad y sexo de nuestra población, para los dos medidores.

Material y métodos

Tras la adquisición de 20 unidades de cada marca en el circuito comercial, se evaluaron los parámetros de exactitud y precisión en el Departamento de Respiratorio de la Fundación Pí i Sunyer (Barcelona), mediante un Pulmonary Waveform Generator -PWG- (MH Custom Design & Mfg. L.C., Utah, USA) basado en una jeringa servocontrolada por ordenador, siguiendo el acuerdo de la Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4237:1994 (Respiratory therapy equipment - Peak expiratory flow meters).

Las medidas se efectuaron utilizando la forma de onda 24, truncada a 250 ms⁽¹⁷⁾ y multiplicada por los factores de escala para abarcar el rango de medida de los medidores. Los flujos de

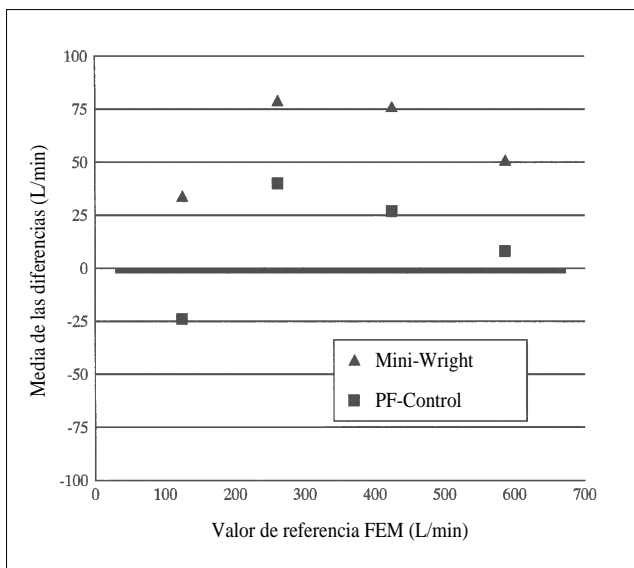


Figura 2. La exactitud del PF-Control es mayor que la del Mini-Wright, respecto al valor de referencia del Pulmonary Waveform Generator. La Media de las Diferencias se refiere a la diferencia entre la media de las lecturas de FEM de todos los medidores estudiados y el valor de referencia del Pulmonary Waveform Generator. La media de las lecturas de PF-Control está más cercanas al valor "0" que la del Mini-Wright, para los cuatro valores de FEM estudiados.

referencia se generaron con el PWG utilizando formas de onda de flujo constante y tiempo de subida de 0.1s. La presión se midió con un transductor calibrado mediante una columna líquida de referencia (Airflow Development Ltd, Lancaster, UK). Se estudiaron 4 valores de FEM: 125, 262, 425 y 587 L/min, practicando 3 maniobras para cada valor.

Para evitar las sobrelecturas que origina la compresión del aire de la jeringa servocontrolada, debido a la elevada resistencia de algunos medidores de FEM, se desplazó la posición inicial de recorrido del pistón para reducir el volumen de aire de 13,6 a 3,0 L, sin variar prácticamente las presiones⁽¹⁸⁾.

Los 40 medidores se utilizaron después para recoger las lecturas de los 1.200 escolares seleccionados de ambos sexos, entre 6 y 16 años de edad, pertenecientes a 6 poblaciones escolares de características demográficas diversas.

Los valores de las lecturas se recogieron en un impreso donde constaba el nombre, la fecha de nacimiento, sexo, antecedentes personales respecto asma, bronquitis de repetición o infección respiratoria en los 15 días previos, y el registro de si fumaba el padre y/o la madre, además de la autorización familiar informada. También se solicitó la autorización a las Direcciones de los Colegios y a las Asociaciones de Padres de Alumnos.

Las lecturas se realizaron durante 10 días de actividad escolar, previo reposo mínimo de 45 minutos, tras medir a los escolares, y ser auscultados por un pediatra. Se practicaron entre 3 y 6 maniobras de FEM por cada modelo de medidor, a máximo esfuerzo, de pie, sin pinza nasal, y sin pausa desde la ca-

Tabla II La variabilidad interaparatos del Mini-Wright es menor que la del PF-Control. La variabilidad interaparatos se calcula mediante la siguiente fórmula: (lectura mayor - lectura menor / media de todas las lecturas) x 100

PWG FEM L/min	Mini-Wright Variabilidad %	Mini-Wright Diferencia lecturas mayor menor en L/min	PF-Control Variabilidad %	PF-Control Diferencia lecturas mayor menor en L/min
125	6,3	20	30,4	30
262	5,9	20	14,3	43
425	0	0	11	50
587	1,6	5	8,4	50

pacidad pulmonar total, aceptando la mayor lectura si existía una diferencia menor del 10% (o < 20 L/min) entre las dos mejores lecturas^(13,19).

Inicialmente se explicó el objetivo del trabajo y la técnica del FEM a los escolares en su aula y después de nuevo en grupos de 3. Las lecturas se alternaron con los dos tipos de medidores para neutralizar un posible efecto agotamiento. Se estimuló la competición entre escolares. Se anulaban los datos de escolares no colaboradores, las lecturas con técnica errónea y los pacientes que precisaban más de 6 lecturas para considerar dos como válidas.

Se procesaron independientemente los resultados de los escolares sin factores de riesgo, y los de aquellos que tenían antecedentes de asma, bronquitis de repetición o infección previa en los 15 días anteriores a la prueba. Los valores de los registros de FEM, edad, sexo, talla, y factores excluyentes se procesaron mediante el programa estadístico SPSS- PC v.4.

Resultados

Respecto a la exactitud, los PF-Control evaluados presentan una infralectura del 19,2% en el caso de flujos de 125 L/min en términos relativos, en relación al estándar establecido por el PWG. Asimismo, presentan una sobrelectura del 15,3% para el flujo de 262 L/min., encontrándose dentro de los intervalos de confianza para los valores de 425 y 587 L/min. (Tabla I)

En cuanto al Mini-Wright, presenta sistemáticamente en todos los flujos una sobrelectura en términos relativos, siendo además esta sobrelectura variable entre el 17,9% para el flujo de 425 L/min y el 30,2% para el flujo de 262 L/min, y ajustándose sólo en el valor de 587 L/min. (Tabla I). La exactitud del PF-Control es mayor que la del Mini-Wright respecto del estándar del PWG (Fig. 2).

La variabilidad interaparatos es mayor en el PF-Control que en el Mini-Wright (Tabla II). La variabilidad intraaparato de ambos modelos valorada mediante PWG es menor de 5% en todas las unidades estudiadas; mientras que la variabilidad me-

Tabla III Número de escolares por centros y porcentajes

Centro escolar	Nº	%
Amposta	133	11,6
Sant Carles de la Ràpita	150	13,1
Palau de Plegamans	207	18,1
Vic	211	18,5
Manlleu	213	18,7
Hospitalet de Llobregat	228	20
Total escolares	1.142	100

Tabla V Factores de riesgo

Factores de riesgo	Nº	%
Asma	80	7,1
Bronquitis de repetición	125	11
Infección respiratoria reciente	87	7,7

día intraaparato valorada en los escolares estudiados es de 6,4% para el PF-Control y de 5,2% para el Mini-Wright.

De los 1.200 escolares seleccionados, se excluyeron 58 (4,8%) por mala técnica, estar ausentes del colegio el día de la prueba o por falta de autorización familiar. Se procesaron los datos de 1.142 alumnos, de ellos 669 eran chicos (58,6%) y 473 eran chicas (41,4%). La distribución por centros escolares - uno por cada localidad -, edad, escolares con factores de riesgo (215 escolares, 18,8%) y antecedentes familiares de tabaquismo se muestran en las tablas III, IV, V y VI respectivamente

No existió ninguna diferencia significativa entre los escolares con o sin factores de riesgo, incluso al ser estudiados por grupos de edad, por ello las curvas de los percentiles no variaron al introducir los datos de FEM de escolares con factores de riesgo como asma, bronquitis, infección respiratoria reciente. Tampoco encontramos diferencias significativas entre tabaquismo familiar, factores de riesgo y valor de FEM.

Las curvas de FEM según edad o talla, para cada sexo, desde los 6 a los 16 años y expresadas como percentiles 10, 50, y 90 se indican en los figuras 3, 4 y 5.

Discusión

Sabemos que las diferencias en la exactitud y precisión entre los diversos modelos de medidores que existen en el mercado, son significativas^(15,16). Incluso un mismo modelo, muestra distintos resultados según el autor que lo evalúa^(20,21). Todo ello, puede inducir a errores en los planteamientos terapéuticos del asmático, sobre todo si utilizamos un medidor con tablas de referencia obtenidas con un modelo distinto. Cada paciente debería utilizar un medidor que disponga de sus tablas de percentiles, y a ser posible referidas a su propia población, dado que existen diferencias de hasta 27% en algunos grupos de edad al

Tabla IV Edad de escolares y porcentajes

Edad en años	Nº escolares	%
6	50	4,4
7	101	8,8
8	116	10,2
9	113	9,9
10	102	8,9
11	140	12,3
12	100	8,8
13	121	10,6
14	151	13,3
15	100	8,8
16	37	4,2
Total	1.142	100

Tabla VI Tabaquismo familiar

Tabaquismo familiar	Nº	%
Padre	325	28,5
Madre	114	10
Ambos	204	17,8
Ninguno	499	43,7
Total	1.142	100

comparar estudios recientes sobre FEM con tablas publicadas previamente.⁽¹³⁾

Las características técnicas de los dos medidores que hemos estudiado han evidenciado respecto al estándar del PWG, una buena exactitud para el PF-Control, excepto infralecturas en el flujo de 125 L/min; mientras el Mini-Wright presenta sobrelecturas sistemáticas, excepto en los flujos de 587 L/min. Respecto a la precisión media intraaparato, esta es muy buena en los dos modelos, pero la precisión interaparatos es mayor en el Mini-Wright que en el PF-Control. Por otra parte, la variabilidad individual en los escolares estudiados para crear las tablas de referencia ha sido para el PF-Control de 6,4% y para el Mini-Wright de 5,2%, siendo estos valores la suma de la variabilidad del sujeto más la variabilidad del medidor.

Estos medidores son útiles para monitorización del FEM, aunque dado que el grado de exactitud no es el mismo a diferentes flujos, es preciso ser prudentes en cuanto a utilizar los porcentajes de variabilidad para definir un nivel de gravedad. Por otro lado y al igual que otros autores⁽¹⁾ consideramos que unos valores normales de FEM no implican necesariamente una función pulmonar normal. Son muchos los niños asmáticos que encontrándose clínicamente asintomáticos, y con un FEM normal, presentan una obstrucción de sus pequeñas vías aéreas. Consideramos pues, que a todo niño asmático se le debe practicar periódicamente una espirometría forzada que permita confirmar su normalidad funcional.

Por consiguiente, debemos utilizar los actuales medidores

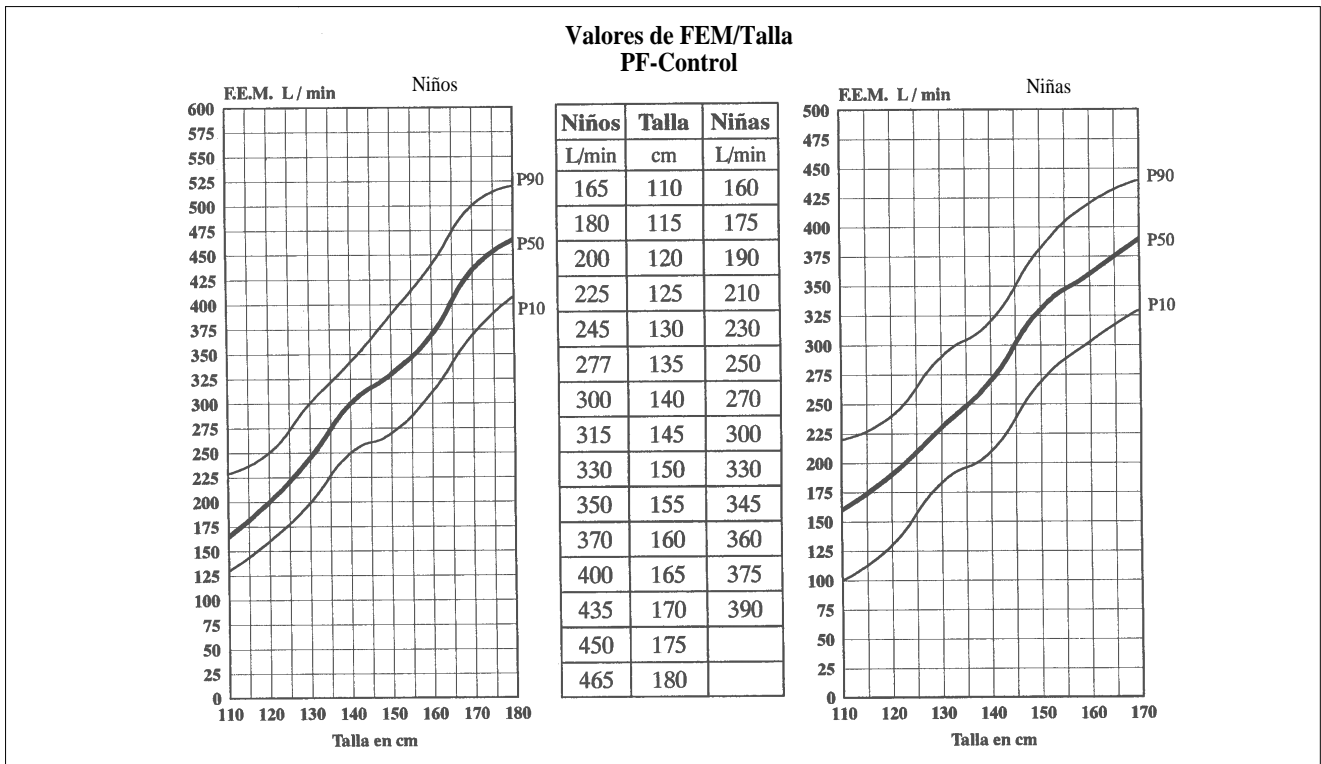


Figura 3. Tablas de percentiles 10, 50 y 90 de flujo espiratorio máximo obtenidos mediante el medidor portátil PF-Control, de rango alto, en referencia a talla y sexo, y registrados en escolares de 6 a 16 años.

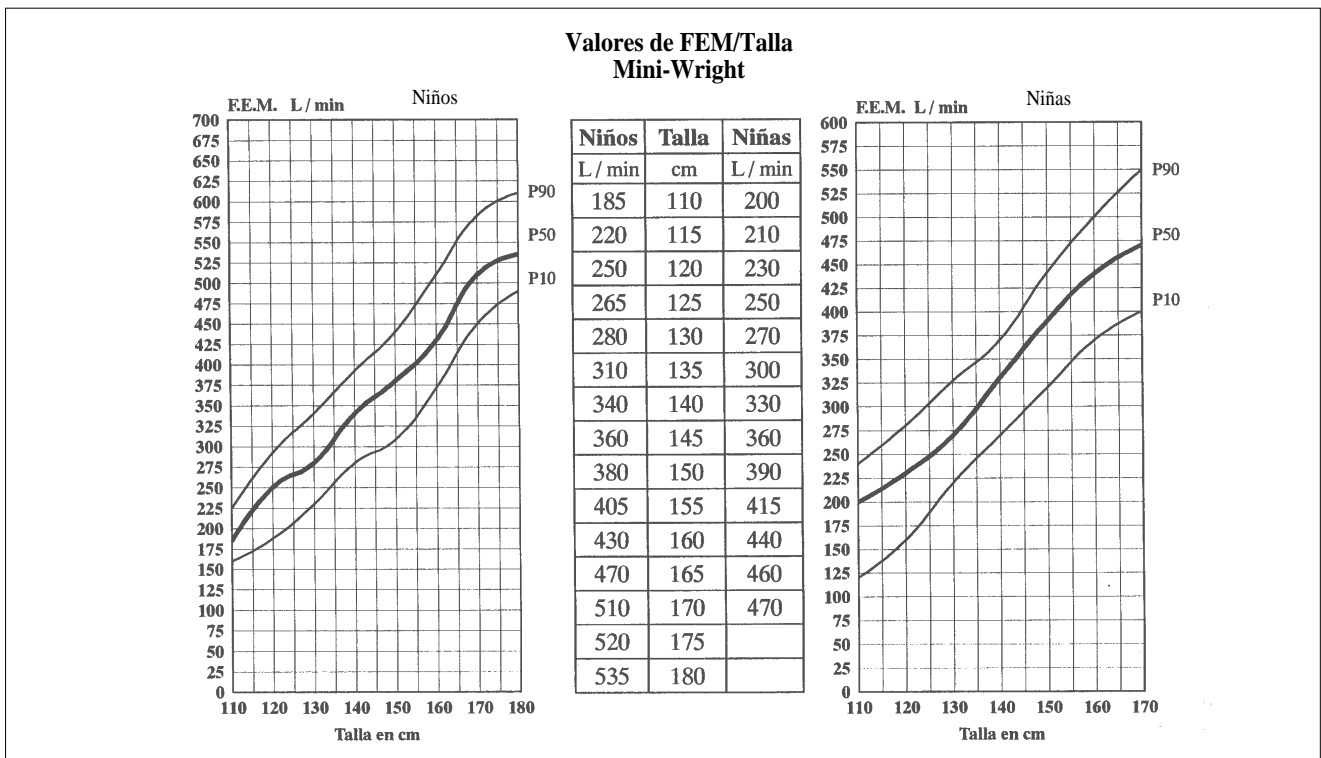


Figura 4. Tablas de percentiles 10, 50 y 90 de flujo espiratorio máximo obtenidos mediante el medidor portátil Mini-Wright, de rango alto, en referencia a talla y sexo, y registrados en escolares de 6 a 16 años.

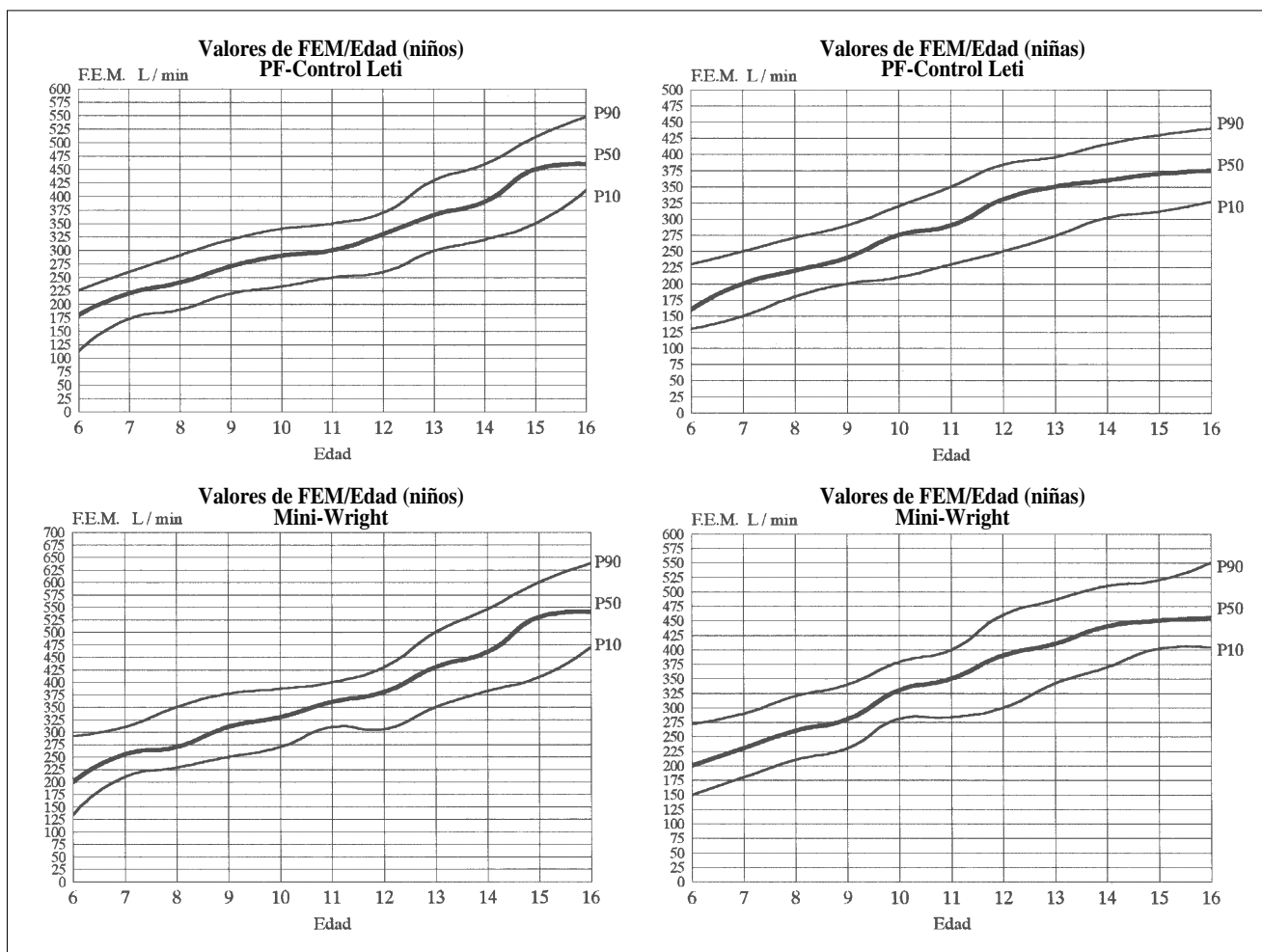


Figura 5. Percentiles 10, 50 y 90 de Flujo espiratorio máximo obtenidos mediante dos medidores portátiles de rango alto: PF-Control y Mini-Wright. Las tablas se presentan en referencia a edad y sexo.

de FEM con rigor mediante las tablas adecuadas, hasta que dispongamos de medidores portátiles de parámetros funcionales de pequeñas vías aéreas perfectamente diseñados y validados.

Mediante fórmulas correctoras se puede mejorar la exactitud de los medidores⁽²⁰⁾, pero ello cuestiona la facilidad de su uso. Así pues, creemos que los actuales medidores juegan un papel importante, pero no con fines diagnósticos, sino de monitorización.

Esperemos que la industria mejore las cualidades de exactitud y precisión de los medidores, no sólo variando las escalas de lectura que actualmente son lineales, mientras que la respuesta de los medidores no es lineal^(1,20), sino adaptando todas las características técnicas a las recomendaciones de las normativas⁽²²⁾.

La actual recomendación de exactitud es de $\pm 12\%$ o ± 25 L/min del valor del estándar (10% del criterio primario más 2% por la posible imprecisión del PWG), mientras se aconseja que la precisión intraaparatos sea $< 6\%$ o < 15 L/min, y la precisión interaparatos $< 11\%$ o 25 L/min (estos valores incluyen el

1% de imprecisión de PWG)⁽²²⁾

El PF-Control es un buen medidor para flujos medios y altos, cumpliendo los criterios recomendados de exactitud para dichos valores, presentando sólo poca exactitud en los flujos más bajos (125 L/min), por lo que para flujos menores de 250 L/min creemos que debería usarse un medidor de rango bajo –pediátrico–, que cumpliera las recomendaciones de la American Thoracic Society. Mediante el PWG, hemos estudiado 10 unidades del PF-Control Pediátrico, cuyo rango de lecturas es de 10 a 300 L/min. Este modelo ha mostrado unos valores de exactitud dentro de los límites de confianza sugeridos por la actual recomendación, para los flujos de 50, 125, 200 y 275 L/min (Fig. 6). Las tablas de percentiles para este medidor de rango pediátrico serán recogidas en otra próxima publicación.

El Mini-Wright es muy poco exacto salvo para flujos muy altos; además, la diferencia de exactitud entre flujos medios y altos, añade una gran variabilidad a las mediciones. Sin embargo, presenta una precisión interaparatos dentro de los valores recomendados.

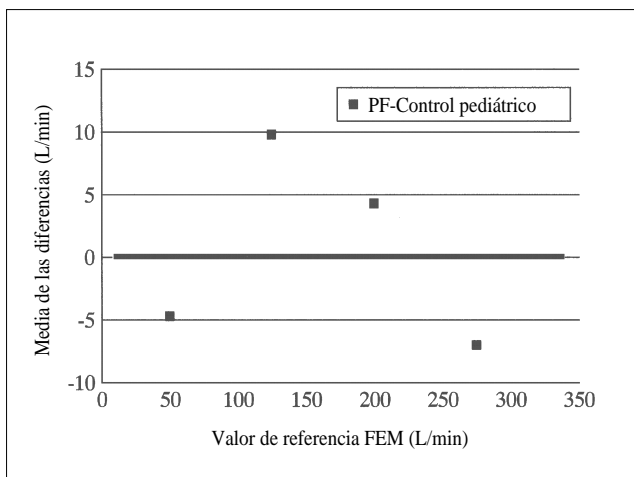


Figura 6. Media de las diferencias de lecturas de los PF-Control pediátricos respecto al estándar del Pulmonary Waveform Generator. Los resultados están dentro de los valores de exactitud recomendados por la American Thoracic Society, es decir, $\pm 12\%$ o ± 25 L/min del valor del Pulmonary Waveform Generator.

Presentamos las tablas de valores normales en forma de percentiles puesto que son el método aceptado y usual en la práctica pediátrica, y porque además el método de regresión lineal puede infraestimar lecturas en niños pequeños y oscurecer los diferentes ritmos de aumento del FEM que se producen durante la adolescencia.⁽³⁾

Finalmente, queremos recordar que la evaluación clínica, la función pulmonar y la educación sanitaria^(7,8,9) son la base para el óptimo control del asma. Y mientras que la espirometría forzada constituye la forma más adecuada para la valoración de la capacidad ventilatoria, el uso del medidor portátil de F.E.M es el método más cómodo de monitorización de la función pulmonar, y debería ser usado mucho más de lo que se hace actualmente.

Agradecimientos

A Francisca Alba Moreno (CAP Hospitalet de Llobregat), Anna López de Aguilera (Hospital General de Vic), Xavier Pérez Porcuna (CAP Manlleu), Margarida Rabasa Hostech (CAP Palau de Plegamans); pediatras, por el registro de las lecturas de FEM. A Joan Penella Ros, Cap de la Unitat de Documentació del Hospital Materno Infantil Vall d'Hebrón, por el estudio estadístico. Al Dr. Josep Roca Torrent y al Sr. Felip Burgos Rincón, del Servei de Pneumologia i Al·lèrgia Respiratoria del Hospital Clínic de Barcelona, por el asesoramiento técnico. A los Directores y Profesores de los diferentes Centros Escolares, y muy especialmente a todos los escolares que colaboraron entusiastamente al conocer el objetivo del trabajo: Intentar mejorar una herramienta de uso diario para algún amigo asmático.

Bibliografía

1 Lebowitz MD. The use of peak expiratory flow rate measurements in respiratory disease. *Pediatr Pulmonol*, 1991; **11**:166-174

2 Godfrey S, Kamburoft PL, Nairn JR. Spirometry, lung volumes and airway resistance in normal children aged 5 to 18 years. *Br J Dis Chest*, 1979; **64**:15-24

3 Carson JWK, Hoey H, Taylor MRH. Growth and other factors affecting peak expiratory flow rate. *Arch Dis Child*, 1989; **64**:96-102

4 Wille S, Svensson K. Peak flow in children aged 4-16 years. *Acta Paediatr Scand*, 1989; **78**:544-548

5 Graff-Lonnevig V, Harfi H, Tipirneni P. Peak expiratory flow rates in healthy Saudi Arabian children living in Riyadh. *Ann Allergy*, 1993; **71**:446-450

6 Sanz J, Martorell A, Saiz R, Alvares V, Carrasco JI. Peak expiratory flow measured with the mini Wright peak flow meter in children. *Pediatr Pulmonol*, 1990; **9**:86-90

7 Sheffer AL. (chairman). International Asthma Management Project. International consensus report on diagnosis and treatment of asthma. US Department of Health and Human Services. Bethesda: National Institutes of Health. Publication No. 92-3091. *Eur Respir J*, 1992; **5**:601-641

8 International Pediatric Consensus Group Asthma. A follow-up statement from an international pediatric consensus group. *Arch Dis Child*, 1992; **67**:240-248

9 National Asthma Education Program (NAEP). Guidelines for the diagnosis and management of asthma. Bethesda, Md: National Institute of Health. August 1991. Publ.No 91-3042

10 Meltzer A, Smolensky M, D'Alonzo G, Harrist R, Scott P. An assessment of Peak expiratory flow as a surrogate measurement of FEV1 in stable asthmatic children. *Chest*, 1989; **96**:329-333

11 Sly PD, Landau LI, Weymouth R. Home recording of peak expiratory flow rates and perception of asthma. *Am J Dis Child*, 1985; **139**:479-482.

12 Boezen HM, Schouten JP, Postma DS, Rijcken B. Distribution of peak expiratory flow variability by age, gender and smoking habits in a random population sample aged 20- 70 yrs. *Eur Respir J*, 1994; **7**: 1814-1820.

13 Hegewald MJ, Crapo RO, Jensen RL. Intraindividual peak flow variability. *Chest*, 1995; **107**:156-161

14 Bardagi S, Agudo A, González A, Romero PV. Prevalence of exercise-induced airway narrowing in schoolchildren from a Mediterranean town. *Am Rev Respir Dis*, 1993; **147**:1112-1115

15 Jackson, AC. Accuracy, reproducibility, and variability of portable peak flowmeters. *Chest*, 1995; **107**:648-651

16 Miller MR, Dickinson SA, Hitchings DJ. The accuracy of portable peak flow meters. *Thorax*, 1992; **47**:904-909

17 Standardization of Spirometry -1987- Update. *Am Rev Respir Dis*, 1987; **136**:1285-1298

18 Navajas D, Roca J, Farré R, Rotger M. Error due to gas compressibility when testing peak expiratory flow metres with a computer-controlled syringe. *Eur Respir J*, 1995; **8** suppl 19: 475s.

19 Dahlquist M, Eisen EA, Wegman DH, Nelson HS. Reproducibility of peak expiratory flow measurements. *Occup Med*, 1993; **8**:295-302

20 Pedersen OF, Miller MR, Sigsgaard T, Tidley M, Harding RM. Portable peak flow meters: physical characteristics influence of temperature, altitude and humidity. *Eur Respir J*, 1994; **7**:991-997.

21 Shapiro SM, Hendler JM, Ogirala RG, Aldrich TK, Shapiro MB. An evaluation of the accuracy of Assess and Mini Wright peak flow meters. *Chest*, 1991; **99**:358-362

22 Standardization of spirometry. 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995; **152**: 1107-1136.