

Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Volumen
Volume **15**

Número
Number **1**

Enero-Marzo
January-March **2002**

Artículo:

Comparación entre espirómetros clínicos

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Medigraphic.com

Comparación entre espirómetros clínicos

Jesús Rodríguez Lastra*
Milagro Nóbrega Uzcátegui‡
Leyla Crespo§
Tatiana Barreno||

Palabras clave: Espirometría, espirómetro, función pulmonar.

Key words: Spirometry, spirometer, lung function.

RESUMEN

Introducción: La incorporación de un nuevo espirómetro computarizado siempre hace que nos preguntemos si sus resultados son confiables o no, a la hora de evaluar pacientes con enfermedades respiratorias. La adquisición de un espirómetro *Spirocard* nos llevó a plantearnos la comparación con otro espirómetro, un *Vitalograph Alpha*. El objetivo principal fue conocer la precisión de un espirómetro recientemente adquirido por nuestro laboratorio comparándolo con un espirómetro *Vitalograph*, el cual fue considerado como referencia; además de determinar si en las mediciones de los parámetros funcionales que se realizan con ambos equipos hay diferencias significativas.

Sujetos y métodos: Se estudiaron 80 sujetos sanos y enfermos que concurrieron al Laboratorio de Función Pulmonar del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad de Carabobo, Venezuela. A cada sujeto se le realizaron por lo menos tres espirometrías en cada espirómetro, con un intervalo entre las mismas.

Análisis: A cada parámetro funcional FVC, FEV₁, FEF_{25-75%} y PFR se le determinó su coeficiente de correlación, se evaluó la precisión y la concordancia. **Resultados:** Existe una relación lineal entre los parámetros funcionales de cada equipo (r^2 igual a 0.94 para la FVC, 0.96 para el FEV₁, para el FEF_{25-75%} y el PFR de 0.86). La precisión estuvo por debajo de un 4% para el FEV₁, mientras que para la FVC fue de un 6%, finalmente para el FEF_{25-75%} fue de 15% y para el PFR de 14%. Al analizar cada parámetro espirométrico a altos y bajos volúmenes y flujos pulmonares, encontramos que no hay diferencia significativa ($z < 1.98$) para la FVC, FEV₁ y FEF_{25-75%} mientras que para el PEFR sí existe.

Discusión y conclusiones: Los datos obtenidos por nosotros indican que las mediciones realizadas por ambos equipos están muy relacionadas, a pesar de los límites de concordancia encontrados para el FEF_{25-75%} y el PFR, lo que indica que el equipo *Spirocard* puede ser utilizado sin dificultad; sin embargo, esto no significa que ambos equipos sean sustituibles en la realización de estudios funcionales, es decir, no pueden ser utilizados indistintamente.

ABSTRACT

Introduction: The acquisition of a new built-in computer spirometer poses the question of whether its

* Dr. Especialista en Neumología. Laboratorio de Función Pulmonar, Departamento de Ciencias Fisiológicas. Universidad de Carabobo. Venezuela.
‡ Estudiante de Medicina (5to. año). Universidad de Carabobo. Venezuela.
§ Estudiante de Enfermería (3er. año). Universidad de Carabobo. Venezuela.
|| Estudiante de Enfermería (3er. año). Universidad de Carabobo. Venezuela.

Correspondencia:

Dr. Jesús Rodríguez Lastra. Laboratorio de Función Pulmonar, Departamento de Ciencias Fisiológicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo.
P.O. BOX 3798, El Trigal. Valencia, Venezuela.
jrodrig@uc.edu.ve/jesusrodrig@telcel.net.ve

Trabajo recibido: 15-III-2002; Aceptado: 29-III-2002

results are reliable or not when evaluating patients with lung disorders. The purchase of a Spiro Card spirometer motivated us to compare it with another one, a Vitalograph Alpha. The main goal was to determine the accuracy of the Spiro Card spirometer, comparing it with the Vitalograph Alpha spirometer, which was taken as reference, and to detect any significant difference in functional spirometer measurements carried out with both devices.

Subjects and methods: 80 individuals, healthy and patients, who attended the Lung Function Laboratory at the Physiological Sciences Department from the Universidad de Carabobo were studied. Each individual went through at least 3 maneuvers by each spirometer, with a rest between them.

Analysis: The correlation coefficient, precision and concordance were determined for each functional parameter, FVC, FEV₁, FEF_{25-75%} and PFR.

Results: There was a linear relationship among functional parameters of each device ($r^2 = 0.94$ for FVC, 0.96 for FEV₁, for FEF_{25-75%} and PFR 0.86). Precision was under 4% only for FEV₁, while for FVC it was 6%, for FEF_{25-75%} it was 15% and PFR it was 14%. Analysis of each spirometric parameter at high and low volumes and pulmonary flux revealed no significant differences ($z < 1.98$) for FVC, FEV₁ and FEV_{25-75%}, while for PFR the difference was significant.

Discussion and conclusions: Present data point out that the measurements performed by both devices are closely related in spite of the limitations of concordance found between FEF_{25-75%} and PFR. This indicates the Spiro Card can be used with no problems. However, this does not mean that two devices can be substituted concerning the performance of functional studies, that is, they cannot be interchanged.

INTRODUCCIÓN

De los estudios funcionales respiratorios que hoy disponemos para la evaluación de la función pulmonar, sin lugar a dudas, la espirometría es uno de los más importantes por ser simple, económico, práctico y útil, sin embargo, el personal de salud aún no está familiarizado con su utilización para abordar la función pulmonar^{1,2}. Cada día, el avance tecnológico hace a los espirómetros más fáciles de usar y portátiles. De aquellos primeros espirómetros grandes de agua, costosos y laboriosos para la realización del cálculo de las pruebas, hemos llegado a equipos que se acoplan a una computadora y que en segundos son capaces de dar toda la información necesaria para la evaluación respiratoria de un paciente, hecho que es de suma importancia, sobre todo en los asmáticos, donde el conocimiento con rapidez de la severidad de la enfermedad puede salvar la vida del paciente³.

Desde los inicios de la espirometría asistida por computadora, los médicos prácticos se han preocupado por la

calidad y la precisión de las mediciones espirométricas; debido a ello, se han realizado numerosos estudios con la finalidad de evaluar estos espirómetros y como consecuencia, se han establecido recomendaciones por expertos en la materia para ser considerados adecuados y que abarcan tanto la reproducibilidad como la aceptación de los equipos en la realización de la espirometría^{4,9}.

La introducción de un nuevo equipo en el mercado nos lleva siempre a la preocupación de si nuestras mediciones son correctas o no y, si nuestros pacientes están adecuadamente evaluados. A pesar de que con la calibración diaria utilizando la jeringa requerida para tal fin, podemos comprobar la precisión volumétrica de nuestro espirómetro, el reconocimiento de la calibración de los flujos se hace un poco más difícil porque se requieren aparatos complejos no disponibles en todos los laboratorios^{10,11}.

Por tal motivo, nuestro principal objetivo en este trabajo consistió en evaluar clínicamente un espirómetro Spiro-card (Nellcor-Puritan-Bennet) que se acopla a una PC Card de una computadora portátil con software incluido y, un espirómetro electrónico computarizado con una cabeza transductora de Fleisch, Vitalograph modelo Alpha (Spacelabs-Zoll Medical) el cual fue considerado aceptable por Nelson y colaboradores en 1990¹². Estos equipos pueden ser considerados de "consultorios" porque el médico puede utilizarlos en el propio escritorio, sin más recursos que los que ya posee. Desde sus inicios, fueron cuestionados y evaluados para conocer su efectividad¹³.

SUJETOS Y MÉTODOS

Se estudiaron 80 sujetos, 39 hombres y 41 mujeres, sanos y enfermos enviados para ser evaluados en el Laboratorio de Función Pulmonar del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad de Carabobo, Venezuela, a quienes se les solicitó su colaboración para realizar esta investigación y dieran su consentimiento. A cada sujeto, se le pidió un mínimo de tres maniobras espiratorias forzadas técnicamente correctas en cada espirómetro de manera alterna y, en secuencia aleatoria con un descanso de aproximadamente media hora entre las mismas. Todas las mediciones fueron hechas con el paciente sentado y con presilla nasal. Se registraron los datos de manera pareada para cada parámetro espirométrico. Se estudiaron entre tres y cuatro pacientes diarios, minimizando de esta forma el calentamiento y la condensación del agua aspirada en la cabeza transductora del Vitalograph.

Los equipos fueron calibrados diariamente con una inyectadora volumétrica de 3000mL según las recomendaciones de la Sociedad Americana de Tórax (ATS, por sus siglas en inglés)¹¹ para este procedimiento. Se realizaron varias inyecciones de aire sobre la cabeza transductora para evitar los pequeños gradientes de temperatura que pudieran existir entre el aire del cilindro de la jeringa y el neumotacógrafo.

El Vitalograph Alpha es un equipo electrónico compacto que consta de una cabeza transductora fleisch conectada al

equipo, cuenta con un software incorporado y una impresora. El aparato mide flujos que son integrados de manera inmediata en volúmenes. Durante la realización de la espiometría en la pantalla de cristal líquido del equipo, se inscribe a tiempo real la curva volumen-tiempo, y posteriormente de los siguientes parámetros: Capacidad Vital Forzada (FVC), Volumen Espiratorio Forzado en 1 segundo (FEV_1), el índice FEV_1 , Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y 75% de la FVC ($FEF_{25-75\%}$) y Flujo Pico Espiratorio (PFR), los valores de la mejor prueba, considerando como tal aquellos valores de la maniobra cuya suma de la FVC y FEV_1 sea la mayor según las recomendaciones de la ATS^{11,14}. Los datos del paciente, los valores de referencia según Morris, los valores hallados, el porcentaje del predicho, las curvas volumen-tiempo y flujo-volumen son impresos en un papel térmico. Todas las mediciones se reportan en condiciones de Temperatura, Presión y Situación Corporal (BTPS, por sus siglas en inglés) ya que el equipo, requiere la temperatura ambiental para realizar los cálculos pertinentes.

El Spirocard es un espirómetro acoplado a una PC Card que se inserta en una computadora personal o a una computadora portátil a través de un conector, la cual por medio de un tubo delgado se conecta a una boquilla que hace las veces de neumotacógrafo. Cada pieza bucal viene calibrada por el fabricante, su numeración es solicitada por el software y no puede ser reutilizada. Este espirómetro, aporta de manera opcional 20 parámetros de espiración e inspiración forzada, de los cuales el usuario puede solicitar los que desee; además, permite realizar la capacidad vital y la ventilación voluntaria máxima. La temperatura es registrada por el equipo y se dan los valores corregidos en BTPS. El equipo ofrece la opción de escoger entre diversos valores de referencia según diferentes autores, dependiendo del grupo etario al cual pertenezca el paciente, en nuestro caso, empleamos los valores de referencia según Morris para los adultos y según Polgar en el caso de los niños.

En el presente estudio, se incluyeron los valores de la FVC, FEV_1 , $FEF_{25-75\%}$ y el PFR, por ser los más reproducibles y los más utilizados frecuentemente con fines clínicos, recomendados por la ATS¹⁵.

Análisis estadístico

Los reportes fueron impresos y los resultados de cada uno de los parámetros funcionales fueron procesados mediante el paquete estadístico *Statistica* (v 4.0, *Stasoft®*). Los valores obtenidos de los parámetros espirométricos (FVC, FEV_1 , $FEF_{25-75\%}$, PFR) de cada uno de los equipos fueron comparados mediante el test de Wilcoxon. Se asignó como nivel de significación valores de $z > 1.98$.

Además, se realizaron dos tipos de análisis, en el primero los datos pareados fueron graficados siendo el eje de las "x" los valores hallados por el *Vitalograph* como variable independiente, y el eje de las "y" los valores hallados por el *Spirocard* como variable dependiente. Se calculó el coeficiente de correlación (r) y el de determinación (r^2), así como la línea de regresión y el 95% del intervalo de confianza.

La desviación de los valores obtenidos con el *Spirocard* de la línea de regresión fue definida como "error por el azar", el cual, es considerada una medida de la precisión del equipo y fue calculado como $1-r^2$, lo que se expresó en forma de porcentaje.

El segundo método de análisis consistió en graficar en un *plot*, los promedios obtenidos de las medidas de los dos equipos, los cuales fueron la variable independiente y representan una aproximación a los valores reales que debía esperarse si los dos equipos fueran iguales, y la diferencia entre los valores hallados por ambos equipos; es decir, los resultados obtenidos mediante el *Vitalograph* menos los obtenidos por el *Spirocard*, fueron considerados como la variable dependiente. La media aritmética de estas diferencias fue asumida como la tendencia de la medición, la cual se considera una medida de la variación entre las lecturas de los dos equipos, fue calculada la media de las diferencias antes señalada y su desviación estándar. En la Figura 1, el límite superior de la concordancia (línea control punteada superior UCL) es la media más dos desviaciones estándar y el límite inferior de la concordancia (línea control punteada inferior LCL del mismo gráfico), corresponde a la media menos dos desviaciones estándar.

Cualquier diferencia (o tendencia) en los valores obtenidos utilizando instrumentos diferentes pueden verse de estos cálculos y con tal de que los límites de concordancia sean pequeños, una tendencia puede ser tomada en cuenta en la interpretación de los resultados.

Con la finalidad de evaluar si la precisión del *Spirocard* cambió por encima del intervalo clínico de volúmenes y flujos pulmonares esperado, se evaluó la concordancia entre las variables medidas, analizándose en dos grupos de la siguiente manera: para la FVC los volúmenes menores y mayores de 3.5L; para el FEV_1 y el $FEF_{25-75\%}$ aquellos menores y mayores de 3L y, por último para el PFR, los menores y mayores de 4.5L. Estos intervalos representan a los volúmenes y flujos tanto altos como bajos. La concordancia de los valores dentro del intervalo fue evaluada por significancia. Diferencias significativas en tendencias entre intervalos fueron evaluadas de manera similar.

RESULTADOS

Fueron estudiados 80 sujetos, 39 hombres y 41 mujeres, con una edad media de 30.11 ± 15.52 años, con un intervalo entre 14 y 82 años. El 35% de los pacientes, representados por 28 personas del total, presentaban alteración ventilatoria obstructiva, el 8.75% de los pacientes, representados por 7 personas, tenían una alteración ventilatoria restrictiva según criterios de la ATS^{11,14} y por último, el 56.25% eran sujetos sanos. La Tabla I muestra la media y desviación estándar de los valores obtenidos con cada espirómetro, así como también el mayor y menor valor registrado, con respecto a cada parámetro funcional.

Los resultados del test de Wilcoxon fueron los siguientes: para la FVC no hubo diferencia significativa ($z < 1.98$)

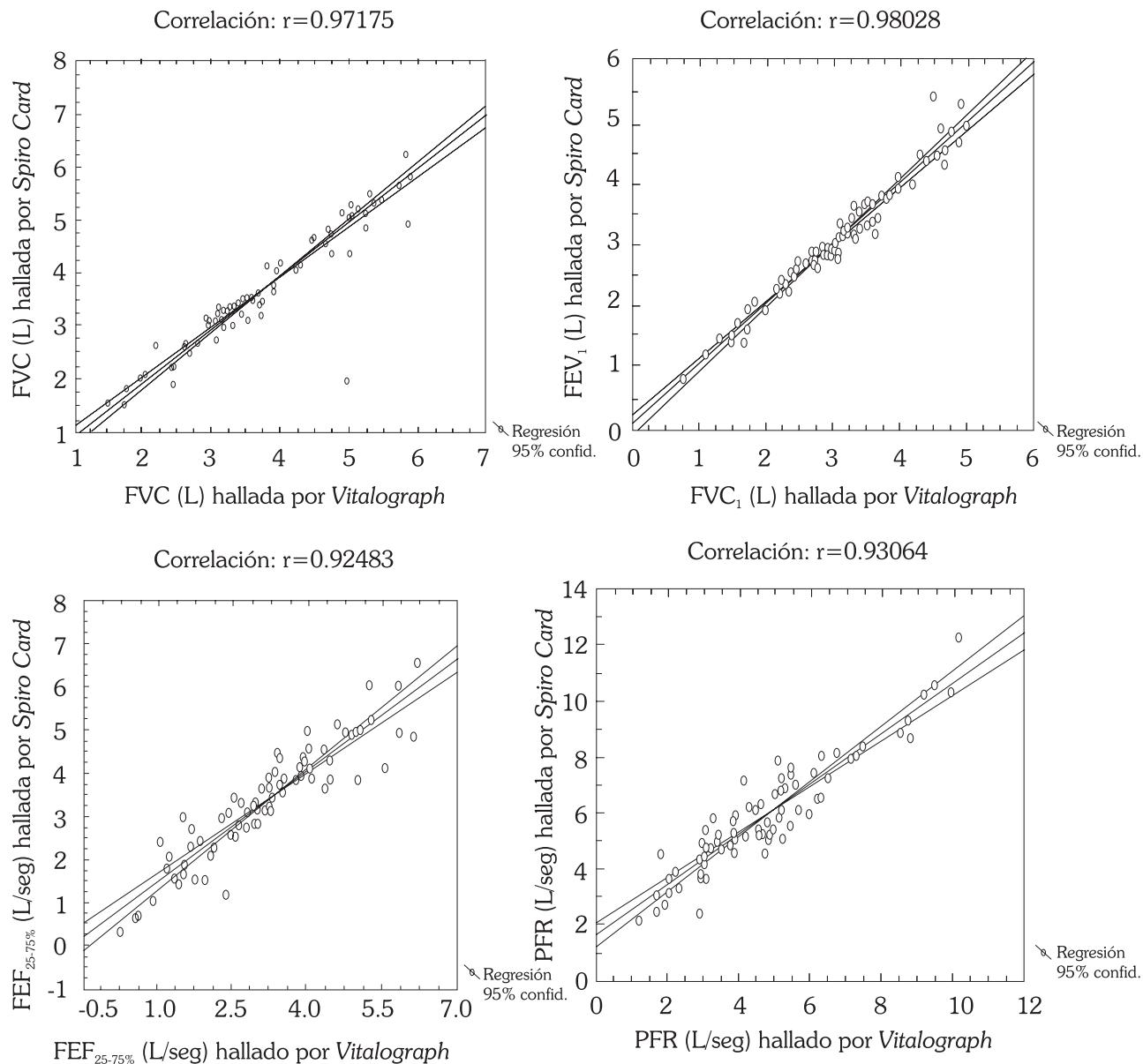


Figura 1. Análisis de regresión lineal para los parámetros FVC (L), FEV₁ (L), FEF_{25-75%} (L/s), PFR (L/s) entre el Vitalograph y el Spiro Card.

Tabla I. Media, desviación estándar, intervalo de los volúmenes y flujos registrados por el Vitalograph y el Spiro Card.

Parámetros funcionales	Vitalograph		Spiro Card	
	Media ± DE	Intervalo	Media ± DE	Intervalo
FVC (L)	3.75±1.05	1.52–5.95	3.72±1.11	1.53–7.17
FEV ₁ (L)	3.05±0.94	0.76–4.97	3.10±0.96	0.79–5.48
FEF _{25-75%} (L/seg)	3.19±1.39	0.26–6.18	3.38±1.31	0.30–6.62
PFR, (L/seg)	4.68±2.00	1.26–10.12	5.89±1.97	2.15–12.39

DE= Desviación estándar.

Tabla II. Coeficiente de determinación y precisión para los parámetros funcionales medidos.

Parámetros funcionales	Coeficiente de determinación	Precisión ($[1-r^2] \times 100\%$)
FVC	0.94	6.0
FEV ₁	0.96	4.0
FEF _{25-75%} (L/seg)	0.85	15.0
PFR (L/seg)	0.86	14.0

Tabla III. Límites de concordancia y 95% del intervalo de confianza para la diferencia entre los dos espirómetros.

Parámetros funcionales	Límites de concordancia (L)	95% de intervalo de confianza (L)
FVC (L)	0.03±0.53	-0.025 a 0.092
FEV ₁ (L)	-0.05±0.38	-0.094 a -0.009
FEF _{25-75%} (L/s)	-0.09±1.84	-0.296 a 0.114
PFR, (L/s)	-2.19±2.42	-2.463 a -1.922

Tabla IV. Análisis de Wilcoxon y concordancia de los intervalos de volúmenes y flujos para la FVC, FEV₁, FEF_{25-75%} y PFR.

FVC	FEV ₁	FEF _{25-75%}	PFR
Concordancia (tendencia ± DE)	Concordancia (tendencia ± DE)	Concordancia (tendencia ± DE)	Concordancia (tendencia ± DE)
Volumen, L	Volumen, L	Flujo, L/s	Flujo, L/s
<3.5 0.058±0.19	<3 -0.057±0.12	<3 -0.129 ± 1.06	<4.50 -1.792± 1.01
>3.5 0.008±0.31	>3 -0.064±0.24	>3 -0.084 ± 0.89	>4.50 -2.35 ± 1.09
(z= NS)	(z= NS)	(z= NS)	(z<1.98)

DE = Desviación estándar

mientras que para el FEV₁, el FEF_{25-75%} y el PFR sí hubo diferencia significativa ($z>1.98$).

El análisis de correlación entre los valores obtenidos de los dos espirómetros muestra una fuerte correlación entre el Vitalograph y el Spirocard para todos los parámetros espirométricos estudiados, lo que puede verse en la Figura 1. La Tabla II presenta los coeficientes de determinación para los parámetros espirométricos y la precisión o el “error por el azar” que fue para la FVC de 6%, para el FEV₁ de 4% y para el FEF_{25-75%} de 15% y para el PFR de 14%.

Los límites de concordancia y el 95% del intervalo de confianza para la diferencia entre los dos equipos se muestran en la Tabla III, y la distribución de los valores se muestra en la Figura 2, en la cual para la FVC una sola medición (0.01%) no quedó dentro del intervalo de confianza, mientras que para el FEV₁, todos los valores restantes se encontraron dentro de los límites de la concordancia asumidos en el presente estudio. Para el FEF_{25-75%}, dos mediciones (0.02%) se alejaron de este intervalo mientras que

para el PFR, el número de mediciones no coincidentes con el intervalo fue de 7, algo mayor (0.06%).

Podemos asumir que, todas las diferencias de los parámetros obtenidos entre ambos equipos están incluidos dentro de los límites calculados, lo que indica que dichos límites de consistencia son estrechos y que su tendencia lineal puede ser tomada en cuenta como válida en la interpretación de los resultados, tal como señaló Bland¹⁶.

Al analizar la concordancia entre los equipos estudiados tanto a volúmenes altos como bajos, no se observaron diferencias entre los parámetros FVC, FEV₁ y FEF_{25-75%} ($z<1.98$), sin embargo, para el PFR hubo diferencia significativa, lo que puede verse en la Tabla IV.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Muchos investigadores se han preocupado y han estudiado el funcionamiento de los espirómetros que se encuentran disponibles en el mercado, así como la ade-

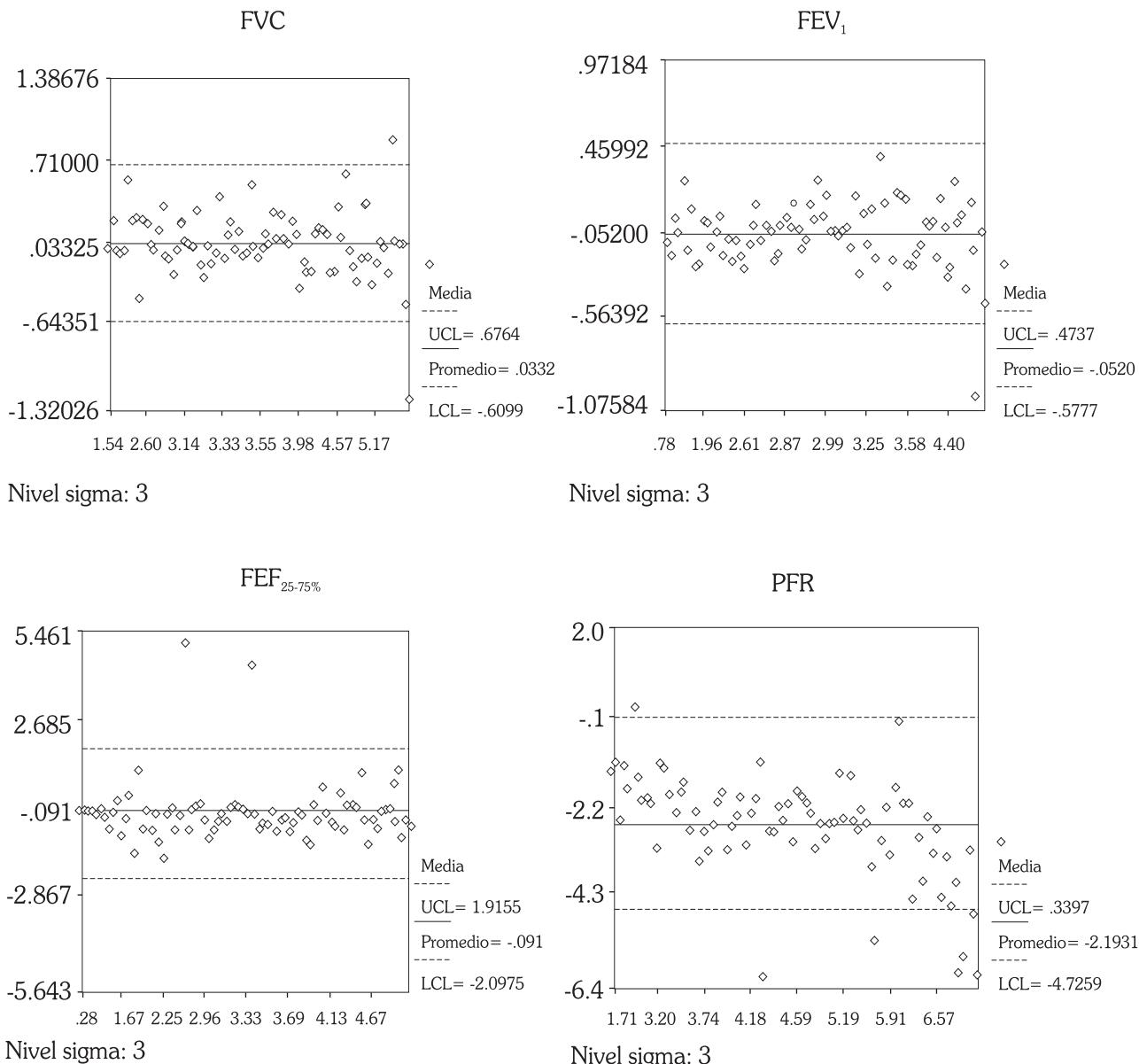


Figura 2. Límites de concordancia con las líneas superiores e inferiores de los valores obtenidos entre el espirómetro *Vitalograph* y el *Spiro Card* para los parámetros FVC (L), FEV₁(L), FEF_{25-75%} (L/seg) y PFR (L/seg).

cuada y confiable obtención de sus resultados. La disponibilidad de un nuevo espirómetro siempre hace que nos preguntemos sobre la precisión de sus mediciones y por ende, la evaluación clínica del paciente. En el presente estudio se consideró a los valores obtenidos con el espirómetro *Vitalograph* como patrón dada su demostrada precisión¹².

Los resultados sugieren que sobre todos los volúmenes y flujos estudiados, el comportamiento del espirómetro *Spirocard* no se diferenció estadísticamente del *Vitalograph*. La precisión del espirómetro *Spirocard* para el FEV₁ fue de un 4%, mientras que para la FVC fue de 6%, es decir, un poco menor. Para los valores del FEF_{25-75%} la

precisión fue aún menor (15%), esto pudiera explicarse en primer término por la variabilidad de este parámetro que ya sabemos es alta¹⁶. Al analizar el PFR, encontramos una precisión del 14%, la cual puede derivarse de su dependencia con la fuerza muscular al inicio de la maniobra de inspiración forzada y la voluntad del sujeto¹⁷ (Tabla II).

Al analizar la concordancia de ambos instrumentos tanto a volúmenes como flujos altos y bajos, no se encontró diferencias significativas ($z < 1.98$) en ambos casos, lo cual puede explicarse de la siguiente manera: primero, el personal que realizó las espirometrías está debidamente entrenado; segundo, no hubo cierre precoz

de la glotis en los pacientes que presentaron enfermedad obstructiva, que podría haber traído como consecuencia una sub o sobreestimación en las mediciones realizadas y, hubiese sido entonces factor influyente para que existiesen diferencias entre la FVC medida por uno u otro equipo.

Con relación al FEV₁, la concordancia fue similar para ambos volúmenes, recordando que para el FEV₁ la precisión fue la mejor. Al analizar el FEF_{25-75%}, no se observan diferencias entre flujos bajos y flujos altos. Finalmente, el PFR muestra una subestimación significativa ($z > 1.98$) al presentar los valores de -1.792 ± 2.02 y -2.55 ± 2.54 para flujos bajos y altos respectivamente. Es probable que la cabeza transductora *fleitch*, pudiera subregistrar los flujos altos debido a la presencia de la saliva y a la evaporación del agua. Cabe destacar que no se realizaron más de 3 ó 4 pruebas para evitar este efecto, aunque siempre pudiera existir. Además de tomar en consideración, como ya dijimos anteriormente, que ésta es una prueba que requiere de la colaboración del paciente y de la fuerza muscular¹⁷.

Con fines prácticos, el espirómetro *Spirocard* es un instrumento económico, preciso y de fácil manejo, de gran utilidad en estudios epidemiológicos, de campo, para monitoreo funcional e incluso al pie de la cama del paciente, sin que sus resultados sean muy diferentes de aquellos que se obtienen en equipos mucho más grandes, costosos y que requieren el traslado del paciente hacia el laboratorio. Podemos concluir que, el *Spirocard* ofrece una precisión clínicamente razonable para ser empleado en el consultorio por médicos especialistas en la evaluación de la función pulmonar.

Ambos equipos son clínicamente similares y sus resultados no difieren estadísticamente, sin embargo, recomendamos que en un mismo estudio funcional estos espirómetros no deberían ser usados indistintamente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Antonio Eblen del Departamento de Fisiopatología de la Universidad de Carabobo, Venezuela, por la colaboración prestada en la revisión del manuscrito y del procesamiento de los datos estadísticos.

REFERENCIAS

1. Crapo RO. *Pulmonary-function testing*. N Engl J Med 1994;331:25-30.
2. Kesten S, Chapman KR. *Physician perceptions and management of COPD*. Chest 1993;104:254-258.
3. Hargreave FE, Dolovich J, Newhouse MT. *The assessment and treatment of asthma: a conference report*. J Allergy Clin Immunol 1990;85:1098-1111.
4. Fitzgerald MX, Smith AA, Gaensler EA. *Evaluation of electronic spirometers*. N Engl J Med 1973;289:1283-1286.
5. Gardner RM, Hankinson JL, West BJ. *Evaluating commercially available spirometers*. Am Rev Respir Dis 1980;121:73-82.
6. Hankinson JL. *State of the art of spirometric instrumentation*. Chest 1990;97:258-259.
7. Wiltshire N, Kendrick AH. *Evaluation of a new electronic spirometer: the Vitalograph 'Escort' spirometer*. Thorax 1994;49:175-178.
8. Rebuck DA, Hanania NA, D'Urzo AD, Chapman KR. *The accuracy of a handheld portable spirometer*. Chest 1996;109:152-157.
9. Rodríguez J. *Comparación clínica de un espirómetro electrónico y uno de agua usado como patrón*. Rev Cubana Invest Biomed 1985;4:167-174.
10. Hankinson JL, Crapo RO. *Standard flow-time waveforms for testing PEF meters*. Am J Respir Crit Care Med 1995;152:696-701.
11. American Thoracic Society. *Statement: standardization of spirometry-1994 update*. Am J Respir Crit Care Med 1995;152:1107-1136.
12. Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, Jensen RL. *Performance evaluation of contemporary spirometers*. Chest 1990;97:288-297.
13. Hudson LD, Petty TL, Baidwan B, Stark K. *Clinical evaluation of new office spirometer*. JAMA 1979;240:2754-2755.
14. American Thoracic Society. *Statement: standardization of spirometry-1987 update*. Am Rev Respir Dis 1987;136:1285-1298.
15. American Thoracic Society. *Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies*. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-1218.
16. Bland JM, Altman DG. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. Lancet 1986;1:307-310.
17. Barnes PJ. *Circadian variation in airway function*. Am J Med 1985;79 (6A Suppl):5S-9S.