

Luis Efrén Santos-Martínez<sup>1a</sup>, José Viennue Ávila-Gómez<sup>2b</sup>, Adriana Ordoñez-Reyna<sup>1c</sup>, Mónica Yuridia Diana Flores-Morales<sup>2d</sup>, Javier Quevedo-Paredes<sup>2e</sup>

### Resumen

**Introducción:** la calidad de la espirometría se estima con criterios de aceptabilidad y repetitividad. La repetitividad aceptada por consenso es < 0.150 L.

**Objetivo:** conocer la repetitividad en espirometrías de calidad A.

**Material y métodos:** diseño transversal analítico. Se obtuvieron las variables demográficas y las 3 mejores curvas de espirometría con perfil normal, que sugiriera restricción y obstrucción bronquial de sujetos consecutivos de ambos géneros de 18 a 80 años. La repetitividad se analizó con la diferencia de medias (sesgo) y el coeficiente de correlación intraclase.

**Resultados:** se aceptaron 630 curvas de 210 sujetos. Edad grupal 60 ± 15 años. Predominio femenino 113 (53.8%), ocupación: servicios domésticos 61 (29%) y con enfermedad pulmonar obstructiva crónica 70 (33.4%). Las diferencias en las curvas fueron < 0.150 L. Las diferencias medias (sesgo) y el coeficiente de correlación intraclase (intervalo de confianza al 95%, IC 95%) del volumen espiratorio forzado en el primer segundo fueron: maniobra 1 frente a 2: -0.01 (0.13, -0.14), 0.997 (IC 95% 0.996, 0.998); maniobra 2 frente a 3: 0.00 (0.13, -0.13), 0.997 (IC 95% 0.996, 0.998), y maniobra 1 frente a 3: -0.00 (0.16, -0.17), 0.995 (IC 95% 0.994, 0.996). La capacidad vital forzada: maniobra 1 frente a 2: -0.01 (0.17, -0.18), 0.996 (IC 95% 0.995, 0.997); maniobra 2 frente a 3: 0.01 (0.17, -0.16), 0.997 (IC 95% 0.996, 0.998), y maniobra 1 frente a 3: -0.00 (0.18, -0.19), 0.996 (IC 95% 0.995, 0.997).

**Conclusión:** la repetitividad obtenida en espirometrías con calidad A valida el uso del criterio de repetitividad de 0.150 L.

### Abstract

**Background:** The quality of the spirometry is estimated with criteria of acceptability and repeatability. The repeatability criteria accepted by consensus is < 0.150 L.

**Objective:** To know the repeatability in quality A spirometry.

**Material and methods:** Analytical cross-sectional design. The demographic variables and the 3 best spirometry curves with normal, suggestive of restriction and bronchial obstruction profiles were obtained from consecutive subjects of both genders from 18 to 80 years of age. The repeatability was analyzed with the mean difference (bias) and the intraclass correlation coefficient.

**Results:** 630 curves from 210 subjects were accepted. Group age 60 ± 15 years. Female predominance 113 (53.8%), occupation: domestic services 61 (29%), and diagnosed with chronic obstructive pulmonary disease: 70 (33.4%). The differences in the curves were < 0.150 L. The mean difference (bias) and the intraclass correlation coefficient (95% confidence interval, 95% CI) of the forced expiratory volume in the first second were 1 vs. 2 maneuver: -0.01 (0.13, -0.14), 0.997 (95% CI 0.996, 0.998); 2 vs. 3 maneuver: 0.00 (0.13, -0.13), 0.997 (95% CI 0.996, 0.998), and maneuver 1 vs. 3: -0.00 (0.16, -0.17), 0.995 (95% CI 0.994, 0.996). Forced vital capacity: 1 vs. 2 maneuver: -0.01 (0.17, -0.18), 0.996 (95% CI 0.995, 0.997); 2 vs. 3 maneuver: 0.01 (0.17, -0.16), 0.997 (95% CI 0.996, 0.998), and maneuver 1 vs. 3: -0.00 (0.18, -0.19), 0.996 (95% CI 0.995, 0.997).

**Conclusion:** The repeatability obtained in spirometry with quality A validates the use of the repeatability criterion of 0.150 L.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Hospital de Cardiología, Departamento de Hipertensión Pulmonar y Corazón Derecho. Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional La Raza, Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret", Coordinación del Curso Profesional Técnico Universitario en Terapia Respiratoria. Ciudad de México, México

ORCID: 0000-0002-2866-3047<sup>a</sup>, 0009-0003-5612-490X<sup>b</sup>, 0000-0002-9787-4032<sup>c</sup>, 0000-0001-7826-395X<sup>d</sup>, 0000-0002-4864-3481<sup>e</sup>

#### Palabras clave

Espirometría  
Pruebas de Función Pulmonar  
Fenómenos Fisiológicos Respiratorios  
Volumen Espiratorio Forzado  
Reproducibilidad de Resultados

Fecha de recibido: 20/06/2023

#### Keywords

Spirometry  
Respiratory Function Tests  
Respiratory Physiological Phenomena  
Forced Expiratory Volume  
Reproducibility of Results

Fecha de aceptado: 20/09/2023

#### Comunicación con:

Luis Efrén Santos Martínez

 luis.santos@cardiologia.org.mx

 55 4881 5135

**Cómo citar este artículo:** Santos-Martínez LE, Ávila-Gómez JV, Ordoñez-Reyna A, *et al.* Repetitividad de los flujos espiratorios de la espirometría. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2024;62(1):e5442. doi: 10.5281/zenodo.10278119

## Introducción

La espirometría evalúa las propiedades mecánicas de la respiración.<sup>1</sup> Es de uso común para obtener el diagnóstico funcional de alteraciones respiratorias diversas,<sup>2</sup> o la evaluación preoperatoria.<sup>3</sup>

Las enfermedades respiratorias más frecuentes en el mundo son la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el asma bronquial con elevada morbilidad y mortalidad. De 1990 a 2015 la prevalencia por EPOC aumentó 44.2% (41.7 a 46.6%) con 3.2 millones de muertes y la prevalencia de asma bronquial 12.6% (9 a 16.4%) y 0.40 millones de muertes; en forma global, la discapacidad ajustada por años de vida en EPOC fue de 2.6% y en asma bronquial 1.1%.<sup>4</sup> Por lo tanto, ha sido necesario que la espirometría esté al alcance desde la atención primaria de la salud. Su uso oportuno ha demostrado que los sujetos disminuyan sus visitas hospitalarias, los costos y tener un estudio casi en tiempo real.<sup>5</sup>

Sin embargo, para aceptar un diagnóstico espirométrico se requiere que el estudio sea de buena calidad,<sup>6</sup> misma que requiere de un espirómetro confiable, operadores entrenados (técnico o médico), buena colaboración operador-paciente y un interpretador de la prueba con experiencia.

La calidad de la espirometría se estima mediante criterios de aceptabilidad y de repetitividad de las guías de la Sociedad Americana del Tórax (ATS)<sup>7</sup>/Sociedad Europea Respiratoria (ERS, por sus siglas en inglés).<sup>8</sup> Graham *et al.*<sup>9</sup> las han estandarizado y se han adoptado como guías para tomar medidas en otros países.<sup>10,11</sup>

El criterio de aceptabilidad requiere de un inicio y una terminación adecuada de la maniobra. El criterio de repetitividad se cumple al aceptar para análisis al menos las 3 mejores curvas de los flujos espiratorios (capacidad vital forzada [CVF, L] y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo [VEF<sub>1</sub>, L]), donde la diferencia de los mejores valores entre una curva inspiratoria/espiratoria y la otra no excedan los 0.150 L (12% de variación) tanto para la CVF, L como para el VEF<sub>1</sub>, L.<sup>9</sup> Esta característica se ha denominado con calidad A.<sup>12</sup>

Para aceptar el estudio se deben cumplir los criterios de aceptabilidad y repetitividad definidos previamente por el consenso ATS/ERS.<sup>9</sup> Enright *et al.*,<sup>13</sup> en una revisión retrospectiva de 18,000 espirometrías, encontraron que el 90% tuvo un VEF<sub>1</sub> dentro de 0.120 L, CVF dentro de 0.150 L y el flujo espiratorio pico, L/s (FEP) dentro de 0.80 L.

Debido a que los flujos espiratorios dependen del esfuerzo máximo del paciente para exhalar, la variación de

los valores de la CVF y el VEF<sub>1</sub> puede ser amplia, por lo que la espirometría admite realizar entre 8 y 15 maniobras para poder escoger las 3 mejores, es decir, aquellas que cumplan con los criterios de aceptabilidad y repetitividad.<sup>9</sup>

No obstante el amplio uso de la espirometría, no se conoce aún cómo sería la variación que valide el criterio de repetitividad de la CVF, L y VEF<sub>1</sub>, L de las 3 mejores curvas aceptadas para análisis. Por lo tanto, en este trabajo estudiaremos la repetitividad (variabilidad) de los flujos espiratorios de las 3 mejores curvas espirométricas en los 3 principales perfiles diagnósticos funcionales: el de normalidad, el que sugiere restricción pulmonar y el que sugiere obstrucción bronquial.

## Material y métodos

El estudio se realizó en el Laboratorio de Fisiología Cardiopulmonar del Departamento de Hipertensión Pulmonar y Corazón Derecho del Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). El laboratorio es un centro de referencia para estudios de función pulmonar.

### Diseño del estudio

Se trató de un estudio transversal analítico. Se estudiaron sujetos que acudieron en forma consecutiva al laboratorio de fisiología cardiopulmonar.

Se incluyeron sujetos de ambos géneros con edades de 20 a 80 años y sin enfermedad aguda que limitara el esfuerzo y la cooperación del paciente. El género se definió de acuerdo con sus características fenotípicas/biológicas. Los participantes no realizaron un estudio de espirometría previo.

### Equipo para las espirometrías

Las espirometrías se realizaron en equipo *Master-Lab-Body* versión *standard* con *Diffusion Option Jaeger Company Type*, número de serie 101221-175110. El equipo se calibró todos los días, previo a iniciar el trabajo.

Para determinar el peso y la altura, se utilizó una báscula BAME modelo DGN 2412, la cual se calibró el día del estudio. El peso y la altura se obtuvieron en posición de pie y se registraron en los sujetos con bata hospitalaria y sin calzado.

En cuanto a los criterios de aceptabilidad y repetitividad, para aceptar las 3 mejores curvas espirométricas se

utilizaron los criterios (ATS/ERS),<sup>9</sup> adaptados por Benítez-Pérez *et al.*<sup>12</sup>, y otros.<sup>14</sup>

### Aceptabilidad y repetitividad

En cuanto a la aceptabilidad, se establecieron los siguientes pasos:

1. Inicio adecuado: elevación abrupta y vertical en la curva de flujo/volumen y la forma: triangular; volumen extrapolado  $< 0.15$  L o 5% de la CVF, L.
2. Terminación adecuada: exhalación de al menos 6 segundos; lograr una meseta de al menos un segundo en la curva de volumen/tiempo: sin cambios  $> 0.025$  L (25 mL), o que el paciente no pudiera continuar exhalando.
3. Curva libre de artefactos: ausencia de terminación temprana, esfuerzo variable, tos en el primer segundo, cierre glótico, exhalaciones repetidas, obstrucción o fuga en boquilla, errores de la línea de base, fugas de volumen en el sistema.

En relación con la repetitividad, de las 3 mejores maniobras se evaluó la diferencia entre los dos valores más altos de CVF, L y VEF<sub>1</sub>, L que debió ser  $\leq 0.150$  L.

### Calidad de la espirometría

En cuanto a las categorías de la calidad de la espirometría, están las siguientes:<sup>12</sup>

- Calidad A: 3 maniobras aceptables, repetitividad  $\leq 0.150$  L, prueba técnicamente muy confiable.
- Calidad B: 3 maniobras aceptables, repetitividad  $\leq 0.200$  L, prueba técnicamente confiable.
- Calidad C: 2 maniobras aceptables, repetitividad  $\leq 0.200$  L, prueba técnicamente aceptable.
- Calidad D: 2 maniobras aceptables, repetitividad  $> 0.200$  L, prueba técnicamente con reservas.
- Calidad E: 1 maniobra aceptable, prueba no recomendable.
- Calidad F: 0 maniobras aceptables, prueba no recomendable.

Cabe resaltar que en este trabajo solo se aceptaron pruebas con calidad A.

### Clasificación del perfil diagnóstico funcional por espirometría

Esta clasificación se estableció de acuerdo con el grupo de trabajo ATS/ERS<sup>7</sup> y según el porcentaje del predicho.

- Perfil diagnóstico de normalidad: relación VEF<sub>1</sub> / CVF  $> 70\%$  o  $> \text{LIN}$ , CVF  $> 80\%$ , VEF<sub>1</sub>  $> 80\%$ .
- Perfil que sugirió restricción pulmonar: relación VEF<sub>1</sub> / CVF  $> 70\%$  o  $> \text{LIN}$ , CVF  $< 80\%$ , VEF<sub>1</sub> variable.
- Perfil de obstrucción bronquial VEF<sub>1</sub> / CVF  $< 70\%$  o  $< \text{LIN}$ , CVF  $> 80\%$ , VEF<sub>1</sub> variable.

La obstrucción bronquial se clasificó<sup>12</sup> según el porcentaje del predicho del VEF<sub>1</sub>: leve 70-100%, moderada 60-69%, moderada-grave 50-59%, grave 35-49%, y muy grave  $< 35\%$ . El perfil que sugirió restricción pulmonar se clasificó de acuerdo con el porcentaje del predicho: leve: CVF ( $< \text{LIN}$  a  $> 65\%$ ), moderada ( $< 65\%$  a  $\geq 50\%$ ) y avanzada ( $< 50\%$ ).<sup>14</sup>

### Intervención

El día de la prueba se calibró el equipo y se seleccionó al sujeto. Se le determinaron sus variables demográficas y la saturación parcial de oxígeno (SpO<sub>2</sub>). Se verificó que no hubiese fumado hasta 2 horas previas o realizado algún tipo de ejercicio, que no usara medicamentos con efecto broncodilatador hasta por 12 horas antes de la prueba, sin efecto restrictivo de la ropa y se permitió alimentación ligera. Se le preguntó si conocía o había realizado previamente la prueba. El sujeto se sentó cómodamente y se le explicó en qué consistía la espirometría.

Ya sentado con la espalda recta y la cabeza ligeramente elevada, se le pidió mantener esa posición hasta el final de la espiración. Se colocó una pinza nasal (para evitar que inhalara por la nariz) y se le demostró cómo colocarse la boquilla, sujetándola con los dientes, haciendo sello hermético con los labios y sin obstruirla con la lengua.

La maniobra se inició con una o dos respiraciones normales. Se le indicó realizar una inspiración máxima rápida ( $< 1$  segundo) hasta llegar a capacidad pulmonar total y una espiración de inicio explosivo (máximo esfuerzo) y sostenida (mediante las palabras de estimulación como "siga soplando" o "mantenga el esfuerzo") hasta que se le indicó terminar la espiración (una vez que se completó el criterio de 6 segundos). Se finalizó la maniobra con una inspiración máxima hasta llegar a la capacidad pulmonar total. Si la maniobra no cumplió con los criterios de aceptabilidad, se

repetió con un margen establecido entre 8 y 15 maniobras como máximo.<sup>9,12</sup>

## Análisis estadístico

Las variables nominales se informaron con frecuencias y porcentajes, las numéricas con promedio  $\pm$  desviación estándar. La distribución de normalidad se estableció con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La diferencia entre las maniobras espirométricas de cada grupo se analizó con ANOVA de una vía y ajuste de Bonferroni. La repetitividad —variabilidad = diferencia media (sesgo [denominado también límites de acuerdo])— de los flujos espiratorios (VEF<sub>1</sub>, L y CVF, L) se analizó mediante el procedimiento descriptivo de Bland-Altman<sup>15</sup> y su magnitud mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI) con su respectivo intervalo de confianza al 95% (IC 95%).<sup>16</sup> Se correlacionaron con la rho de Pearson las variables de la espirometría y el flujo espiratorio pico; una  $p < 0.05$  fue considerada estadísticamente significativa.

## Tamaño muestral

Para obtener una muestra con una diferencia de 0.150 L de acuerdo con criterios de repetitividad,<sup>9</sup> se utilizó la fórmula para estimar el tamaño muestral con la estimación descriptiva de una sola proporción. Calculamos un tamaño muestral<sup>17</sup> en 68 pacientes de 3 grupos (204) y por posibles pérdidas se estudiaron 210 pacientes en total.

## Aspectos éticos

Se obtuvo la autorización del estudio por el Comité de Investigación y Ética del Hospital de Cardiología del Cen-

tro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS, con número R-2019-3604-021. Se obtuvo el consentimiento informado de cada participante.

## Resultados

Se aceptaron para análisis 630 curvas de espirometría de 210 sujetos. Todas las curvas fueron calificadas con una diferencia  $< 0.150$  L (variación  $\leq 12\%$ , calidad A).<sup>12</sup> Hubo predominio de mujeres: 113 (53.8%). La edad del grupo total fue  $60 \pm 15$  años, peso  $75.77 \pm 20.91$  kg, talla  $160.81 \pm 9.80$  cm, índice de masa corporal (IMC, kg/m<sup>2</sup>)  $29.20 \pm 7.29$  kg/m<sup>2</sup> (sobrepeso) y superficie corporal  $1.79 \pm 0.25$  m<sup>2</sup>. La SpO<sub>2</sub>  $91.65 \pm 4.57\%$ .

Las ocupaciones de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), el diagnóstico clínico y la severidad del patrón espirométrico del grupo se muestran en el cuadro I.

El comportamiento de las 3 maniobras de los flujos espiratorios en sus diferentes perfiles diagnósticos (cuadro II) fue similar ( $p > 0.05$ ).

De acuerdo con el perfil diagnóstico, el volumen exhalado fue menor para los grupos sugestivo de restricción y de obstrucción bronquial.

El esfuerzo respiratorio evaluado mediante el flujo espiratorio pico (FEP, L/s) fue similar conforme al perfil diagnóstico de la espirometría, aunque entre los perfiles diagnóstico hubo diferentes FEP, L/s. Las correlaciones del FEP, L/s con el VEF<sub>1</sub>, L, y la CVF, L en el grupo total fueron:  $r = 0.856$ ,  $p = 0.0001$ , y  $r = 0.770$ ,  $p = 0.0001$ , respectivamente.

**Cuadro I** Frecuencia de la ocupación, diagnóstico clínico y severidad del patrón espirométrico

Ocupación: n (%)	Diagnóstico clínico: n (%)	Patrón espirométrico: n (%)
Servicios domésticos: 61 (29%)	Normal: 70 (33.4%)	Normal: 70 (33.4%)
No especificados: 40 (19%)	EPOC: 70 (33.4%)	Obstrucción leve: 8 (3.8%)
Ayudantes administración: 23 (11%)	Asma bronquial: 18 (8.6%),	Obstrucción moderada: 41 (19.5%)
Comerciantes: 18 (8.6%)	Fibrosis pulmonar: 17 (8%),	Obstrucción grave: 16 (7.6%)
Profesionistas: 17 (8.1%)	SAOS: 15 (7.1%),	Obstrucción muy grave: 5 (2.4%)
Técnicos: 10 (4.8%)	Cardiopatía valvular: 8 (3.8%),	Restricción leve: 29 (13.8%)
Conductores maquinaria móvil: 10 (4.8%)	Hipertensión pulmonar: 6 (2.9%)	Restricción moderada: 33 (15.7%)
Servicios personales: 8 (3.8%)	Insuficiencia cardiaca: 5 (2.4%)	Restricción avanzada: 8 (3.8%)
Trabajadores artesanales: 8 (3.8%)	Cardiopatía congénita: 1 (0.4%)	
Trabajadores fabriles: 7 (3.4%)		
Trabajadores de la educación: 6 (2.9%)		
Funcionarios sector público: 1 (0.4%)		
Trabajadores agrícolas: 1 (0.4%)		

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; SAOS: síndrome de apnea obstructiva del sueño

**Cuadro II** Comportamiento de los valores de los flujos espiratorios relacionados a las tres mejores maniobras de la espirometría según los perfiles normal (N), que sugiere restricción pulmonar (R) y obstrucción bronquial (O)

Variables		Maniobra 1 n = 70	Maniobra 2 n = 70	Maniobra 3 n = 70	p*
VEF <sub>1</sub> , L	N	2.559 ± 0.88	2.557 ± 0.88	2.562 ± 0.88	1 vs. 2: 0.201 2 vs. 3: 0.928 1 vs. 3: 0.713
	R	1.674 ± 0.62	1.690 ± 0.61	1.691 ± 0.61	1-2 = 0.228 2-3 = 0.475 1-3 = 0.718
	O	1.587 ± 0.68	1.590 ± 0.69	1.580 ± 0.70	1-2 = 0.321 2-3 = 1.00 1-3 = 0.521
CVF, L	N	3.257 ± 1.08	3.265 ± 1.07	3.272 ± 1.09	1-2 = 0.651 2-3 = 0.413 1-3 = 0.347
	R	2.138 ± 0.79	2.162 ± 0.80	2.152 ± 0.79	1-2 = 1.00 2-3 = 0.756 1-3 = 0.101
	O	2.631 ± 1.00	2.627 ± 1.02	2.615 ± 1.02	1-2 = 1.00 2-3 = 0.294 1-3 = 0.927
Rel VEF/CVF, %	N	78.550 ± 5.81	78.200 ± 6.07	78.268 ± 5.42	1-2 = 1.00 2-3 = 0.834 1-3 = 1.00
	R	78.691 ± 7.34	78.640 ± 7.29	79.186 ± 7.37	1-2 = 0.101 2-3 = 1.00 1-3 = 0.210
	O	59.455 ± 8.07	58.990 ± 10.15	59.439 ± 8.06	1-2 = 0.359 2-3 = 0.410 1-3 = 1.00
FEP, L/s	N	7.840 ± 2.37	7.814 ± 2.39	7.781 ± 2.36	1-2 = 1.00 2-3 = 0.479 1-3 = 0.638
	R	6.153 ± 2.41	6.275 ± 2.40	6.176 ± 2.36	1-2 = 0.612 2-3 = 0.823 1-3 = 1.00
	O	4.845 ± 1.86	4.867 ± 1.91	4.839 ± 1.87	1-2 = 0.291 2-3 = 0.757 1-3 = 1.00

N: perfil normal; R: perfil que sugiere restricción pulmonar; O: perfil obstructivo bronquial; FEP: flujo espiratorio pico; VEF<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; CVF: capacidad vital forzada; Rel VEF/CVF, %: relación VEF<sub>1</sub>/CVF, %

\*Para la p se empleó ANOVA de una vía con ajuste de Bonferroni. Las comparaciones de las maniobras 1 frente a 2; 2 frente a 3; y 1 frente a 3, todas fueron no significativas

La correlación del FEP, L/s frente a VEF<sub>1</sub>, L, con la maniobra 1:  $r = 0.854$ ,  $p = 0.0001$ ; maniobra 2  $r = 0.855$ ,  $p = 0.0001$ ; maniobra 3:  $r = 0.858$ ,  $p = 0.0001$ . La correlación del FEP, L/s frente a la CVF, L, con la maniobra 1:  $r = 0.766$ ,  $p = 0.0001$ ; maniobra 2:  $r = 0.769$ ,  $p = 0.0001$ ; maniobra 3:  $r = 0.776$ ,  $p = 0.0001$ . Esto indica dependencia de un flujo espiratorio que fue similar y adecuado.

La diferencia media, el sesgo y el CCI (IC-95%) para las comparaciones de las 3 maniobras de la espirometría de acuerdo con el perfil diagnóstico se muestran en el cuadro III.

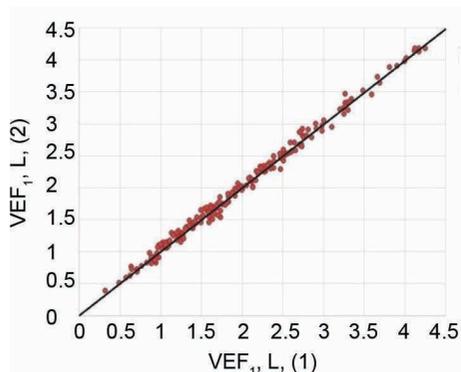
En la figura 1 se observa la dispersión de las observaciones para el VEF<sub>1</sub>. Los valores se agrupan casi sobre la línea de identidad.

**Cuadro III** Diferencia media, sesgo y coeficiente de correlación intraclase con su respectivo intervalo de confianza al 95% para las comparaciones de las 3 maniobras de los flujos espiratorios de las espirometrías en los grupos total, normal, sugestivo de restricción y obstrucción pulmonar

Variable	Maniobra	Diferencia media (sesgo) n = 140		CCI (IC 95%)
VEF <sub>1</sub> , L	1 - 2	T, n = 210	-0.01 (0.13, -0.14)	0.997 (0.996, 0.998)
		N, n = 140	0.00 (0.11, -0.11)	0.998 (0.997, 0.999)
		R, n = 140	-0.02(0.11, -0.14)	0.995 (0.991, 0.997)
		O, n = 140	-0.00(0.16, -0.16)	0.993 (0.989, 0.996)
VEF <sub>1</sub> , L	2 - 3	T, n = 210	0.00 (0.13, -0.13)	0.997 (0.996, 0.998)
		N, n = 140	-0.01 (0.13, -0.14)	0.997 (0.995, 0.998)
		R, n = 140	-0.00 (0.12, -0.12)	0.995 (0.992, 0.997)
		O, n = 140	0.01 (0.14, -0.12)	0.996 (0.993, 0.997)
VEF <sub>1</sub> , L	1 - 3	T, n = 210	-0.00 (0.16, -0.17)	0.995 (0.994, 0.996)
		N, n = 140	-0.00 (0.17, -0.18)	0.995 (0.992, 0.997)
		R, n = 140	-0.02 (0.11, -0.15)	0.994 (0.991, 0.996)
		O, n = 140	0.01 (0.19, -0.17)	0.991 (0.986, 0.994)
CVF, L	1 - 2	T, n = 210	-0.01 (0.17, -0.18)	0.996 (0.995, 0.997)
		N, n = 140	-0.01 (0.15, -0.17)	0.997 (0.995, 0.998)
		R, n = 140	-0.02 (0.11, -0.16)	0.996 (0.994, 0.998)
		O, n = 140	0.00 (0.22, -0.21)	0.994 (0.991, 0.996)
CVF, L	2 - 3	T, n = 210	0.01 (0.17, -0.16)	0.997 (0.996, 0.998)
		N, n = 140	-0.01 (0.16, -0.18)	0.997 (0.995, 0.998)
		R, n = 140	0.01 (0.15, -0.13)	0.996 (0.994, 0.998)
		O, n = 140	0.01 (0.19, -0.17)	0.996 (0.994, 0.997)
CVF; L	1 - 3	T, n = 210	-0.00 (0.18, -0.19)	0.996 (0.995, 0.997)
		N, n = 140	-0.02 (0.16, -0.19)	0.997 (0.995, 0.998)
		R, n = 140	-0.01 (0.11, -0.14)	0.997 (0.995, 0.998)
		O, n = 140	0.02 (0.24, -0.21)	0.994 (0.990, 0.996)

CCI: coeficiente de correlación intraclase; IC 95%: intervalo de confianza del 95%; VEF<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; CVF: capacidad vital forzada; PEF: flujo espiratorio pico; N: perfil normal; R: perfil sugestivo de restricción pulmonar; O: perfil obstructivo bronquial; T: grupo total

**Figura 1** Gráfico de dispersión para el volumen espiratorio forzado en el primer segundo, maniobras 1 y 2



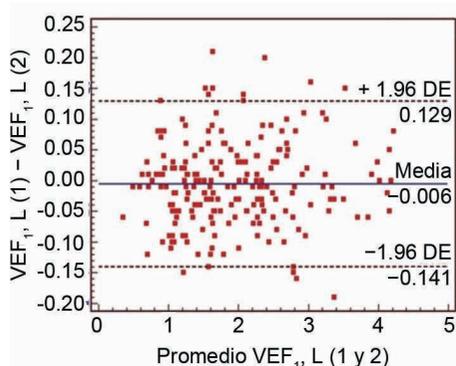
La figura 1 representa la dispersión de los valores de acuerdo con la maniobra 1 y 2 del VEF<sub>1</sub>, VEF<sub>1</sub> (1) y VEF<sub>1</sub> (2): volumen espiratorio forzado en el primer segundo, [(1) primera y (2) segunda maniobra]

La dispersión de los datos de la CVF fue similar a los del VEF<sub>1</sub> (cuadro II).

La repetitividad (variabilidad) obtenida de la diferencia media del VEF<sub>1</sub> fue muy cercana al 0 en todos los grupos (buena exactitud), y el sesgo (límites de acuerdo) con valores dentro de las 2 desviaciones estándar (buena precisión) cuadro III y figura 2.

La diferencia media (sesgo) [repetitividad, variabilidad] son mayores en la maniobra 1 frente a la 3 que en las previas (1 frente a la 2 y 2 frente a la 3) para el VEF<sub>1</sub> y la CVF, que se ve reflejada en un menor CCI. Sin embargo, el CCI conserva un valor > 0.9 (buena repetitividad). Este efecto puede deberse a la variabilidad del esfuerzo de la prueba o al cansancio del sujeto al hacer varias pruebas.

**Figura 2** Gráfico de Bland y Altman para el volumen espiratorio forzado en el primer segundo, maniobra 1 y 2



La **figura 2** señala el comportamiento de la diferencia media cercana al cero (exactitud) y el sesgo dentro de las 2 desviaciones estándar (precisión) de la maniobra 1 y 2 del  $VEF_{1, L}$ .

DE: desviación estándar;  $VEF_{1, L}$  (1) y  $VEF_{1, L}$  (2): volumen espiratorio forzado en el primer segundo [(1) primera y (2) segunda maniobra]

## Discusión

La espirometría es una prueba diagnóstica diseñada para definir alteraciones pulmonares. Su calidad, para efectos de diagnóstico, se puede ver afectada por errores del instrumento, del evaluador o del sujeto.<sup>16</sup> Debido a esto, para aceptar el estudio se requiere que se cumplan los criterios de aceptabilidad y repetitividad. El criterio de repetitividad es un valor definido por consenso y se desconoce qué tan diferentes o iguales podrían ser las curvas. Para conocer la repetitividad (variabilidad) entre las curvas, en este trabajo se estudiaron 630 curvas de calidad A de 210 pacientes de ambos géneros con los 3 principales patrones espirométricos.

En el trabajo de San Martín<sup>18</sup> se estudiaron, en ambos géneros, 70 espirometrías calidad A, B, C y D; 3 (4.3%) no tuvieron criterios de buena calidad; se detectaron 7 errores de aceptabilidad y 3 de reproducibilidad. En el presente estudio todas las pruebas fueron calidad A y los criterios de aceptabilidad fueron criterios de ingreso. El criterio de la ATS/ERS de repetitividad<sup>9</sup> se informó en la revisión retrospectiva de 18,000 espirometrías llevada a cabo por Enright *et al.*,<sup>13</sup> donde el 90% tuvo un  $VEF_1$  dentro de 0.120 L, una CVF dentro de 0.150 L y un PEF dentro de 0.80 L. Solo del 2 al 4% de la edad, género, altura, tabaquismo y el predicho del  $VEF_1$  explicó la variación en la repetitividad, la cual no dependió de las características del paciente, sino de que la prueba fuera realizada por personal entrenado. Holt *et al.*<sup>19</sup> señalaron que la espirometría realizada por técnicos entrenados identifica con confianza la limitación al flujo aéreo. Su utilidad clínica y su calidad es > 75% y puede ser similar a las que son llevadas a cabo por un médicos neumólogos.

El criterio de repetitividad puede ser encontrado en más del 91% a diferencia del estudio actual, que fue del 100%, dado que fue el principal criterio de ingreso al estudio. Berresheim *et al.*<sup>20</sup> estudiaron los criterios de aceptabilidad y repetitividad en 242 soldados y 312 estudiantes de primer año de veterinaria. La repetitividad general para un nivel de 0.150 L fue 90.5% (219/242) en soldados y para estudiantes 90.1% (281/312) con lo que se apoya el valor de corte para el criterio en estudio. En nuestro trabajo con el valor de 0.150 L del criterio de repetitividad se ingresó al estudio y se demostró que al mantener este valor, se tuvo la mejor repetitividad (menor variabilidad), y las curvas se igualaron independientemente del patrón espirométrico.

La importancia de estos hallazgos es que definen que un valor de 0.150 L para la CVF y el  $VEF_1$  valida el uso y la utilidad del criterio de repetitividad de la espirometría. En función de estos valores, la estandarización sería más confiable. Das *et al.*<sup>21</sup> propusieron un algoritmo para estandarizar la espirometría, una red neuronal convolucional (RNC). En sus resultados, se valoraron los criterios de aceptabilidad y usabilidad mediante el análisis de 3738 curvas de 36,873 estudios. La RNC mostró una exactitud del 87% para la aceptabilidad y 92% para la usabilidad (con sensibilidad de 91% y especificidad de 96%). Con este modelo y 4592 curvas, Wang *et al.*<sup>22</sup> obtuvieron para el  $VEF_1$  frente a la CVF: exactitud 95.1 frente a 93.6%; aceptabilidad 92.4 frente a 94.3%; y clasificación 94.3 frente a 92.2%. Con ayuda del modelo, la calidad de la espirometría realizada por técnicos incrementó para el  $VEF_1$  en ~21% y para la CVF en ~36%.

En el contexto de la atención primaria, con estos algoritmos la espirometría de consultorio podría ser tan confiable como la obtenida de un laboratorio de pruebas de función respiratoria.<sup>23</sup> En un metaanálisis reciente, Zhou *et al.*<sup>24</sup> compararon espirometrías (de 3 espirómetros portátiles) realizadas por médicos de hospitales de tercer nivel y técnicos entrenados de atención primaria comunitaria. Se observó una mayor exactitud en las realizadas por médicos de hospitales de tercer nivel. Se señaló que los operadores de estos equipos debían tener un entrenamiento previo para mantener la confiabilidad de los resultados. El conocimiento y el entrenamiento de la prueba han mostrado su utilidad en estos estudios. Con entrenamientos de corta duración, el personal relacionado con la salud respiratoria, el conocimiento y la calidad de la espirometría puede ser mejorado;<sup>25</sup> el laboratorio del presente estudio es un centro de referencia para pruebas de función respiratoria en el que las pruebas son realizadas por técnicos entrenados y supervisadas por un médico neumólogo.

Nuestros resultados de repetitividad (menor variabilidad) validan el uso del criterio de repetitividad de 0.150 L (variación del 12%) en espirometrías con calidad A de los

3 principales perfiles diagnósticos espirométricos. Con estos resultados se puede aceptar el criterio de repetitividad para establecer un estudio de calidad y un diagnóstico funcional confiable por espirometría. Además, por los resultados obtenidos, proponemos el uso de solo 2 maniobras de flujos espiratorios cuando se cumplan ambos criterios.

### Limitaciones del estudio

Este trabajo es monocéntrico y por lo tanto requerirá que la información sea generalizada a otras poblaciones. No es un estudio de atención primaria, por lo que podría ser la base para otros estudios relacionados con este tipo de atención. También sería de utilidad confrontar esta información con la obtenida con equipos digitalizados portátiles.<sup>22</sup>

## Conclusiones

La repetitividad o menor variabilidad obtenida de los 3 mejores flujos espiratorios en espirometrías con calidad A valida el uso del criterio de repetitividad de 0.150 L.

Podría aceptarse un estudio de espirometría con solo 2 maniobras que cumplan los criterios de aceptabilidad y repetitividad, aun en sujetos con diagnóstico espirométrico funcional que sugiera restricción pulmonar u obstrucción pulmonar.

**Declaración de conflicto de interés:** los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

## Referencias

1. Lopes AJ. Advances in spirometry testing for lung function analysis. *Expert Rev Respir Med.* 2019;13(6):559-69. doi: 10.1080/17476348.2019.1607301
2. Gibson PG. Spirometry, you have an image problem! *Respirology.* 2023;28(6):577. doi: 10.1111/resp.14505
3. Fujii M, Nishina D, Bessho R. Pre-operative assessment of lung function test and outcomes after cardiac surgery. *Heart Surg Forum.* 2020;23(2):E245-9. doi: 10.1532/hcf.2791
4. Soriano JB, Abajobir AA, Abate KH, et al. Global, and GBD 2015 Chronic respiratory disease collaborators. Global, regional, and national deaths, prevalence, disability-adjusted life years, and years lived, with disability for chronic obstructive pulmonary disease and asthma, 1990-2015: a systematic analysis for the global burden of disease study 2015. *Lancet Respir Med.* 2017;5(9): 691-706. doi: 10.1016/S2213-2600(17) 30293-X
5. Van de Hei SJ, Flokstra-de Blok BMJ, Baretta HJ, et al. Quality of spirometry and related diagnosis in primary care with a focus on clinical use. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2020;30(1): 22. doi: 10.1038/s41533-020-0177-z
6. Wells CD, Joo MJ. COPD y asma: Diagnostic accuracy requires spirometry. *J Fam Pract.* 2019;68(2):76-81.
7. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022;60(1):2101499. doi: 10.1183/13993003.01499-2021
8. Nicholson PJ. The updated ATS/ERS spirometry technical standards. *Occup Med (Lond).* 2020;70(3):146-8. doi: 10.1093/occmed/kqaa030
9. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of spirometry 2019 Update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. 2019;200(8): e70-88. doi: 10.1164/rccm.201908-1590ST
10. Schneider I, Rodwell L, Baum S, et al. Assessing spirometry competence through certification in community-based health-care settings in Australia and New Zealand: A position paper of the Australian and New Zealand Society of Respiratory Science. *Respirology.* 2021;26(2):147-52. doi: 10.1111/resp.13987
11. Wang YM, Chen WY, Jian WH, et al. [Standardization of spirometry updated in China and international: comparison and interpretation of the key updates] [Article in Chinese]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi.* 2022;45(3):250-4. doi: 10.3760/cma.j.cn112147-20210412-00244
12. Benítez-Pérez RE, Torre-Bouscoulet L, Villca-Ala N, et al. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2019; 78 (Supl 2): S97-112. doi: 10.35366/NTS192C
13. Enright PL, Beck KC, Sherill DL. Repeatability of Spirometry in 18 000 adult patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004; 169:235-8. doi:10.1164/rccm.200204-347OC
14. Gutiérrez M, Beroiza T, Borzone G, et al. Espirometría: Manual de procedimientos. SER Chile 2018. *Rev Chil Enf Resp.* 2018;34(3):171-88. doi: 10.4067/S0717-73482018000300171
15. Gerke O. Reporting standards for Bland-Altman agreement analysis: A review of methodological reviews. *Diagnostics.* 2020;10(5):334. doi: 10.3390/diagnostics10050334
16. Barone M, Losurdo G, Iannone A, et al. Assessment of body composition: Intrinsic methodological limitations and statistical pitfalls. *Nutrition.* 2022; 102:111736. doi:10.1016/j.nut.2022.11.1736
17. Bujang MA, Baharum N. A simplified guide to determination of sample size requirements for estimating the value of intraclass correlation coefficient: a review. *Arch Orofac Sci.* 2017; 12(1):1-11.
18. San Martín V. Evaluación de la aceptabilidad, reproductividad y calidad de las espirometrías realizadas en un servicio de neumología adultos. *An Fac Cienc Méd (Asunción).* 2018;51(1):29-36. doi: 10.18004/anales/2018.051(01)29-036
19. Holt NR, Thompson BR, Miller B, et al. Substantial variation exists in spirometry interpretation practices for airflow obstruction in accredited lung function laboratories across Australia and New Zealand. *Intern Med J.* 2019;49(1):41-7. doi: 10.1111/imj.14047
20. Berresheim H, Beine A, van Kampen V, et al. ATS/ ERS spirometry quality criteria in real life. Results of two occupational field studies. *Respir Physiol Neurobiol.* 2023;315:104094. doi: 10.1016/j.resp.2023.104094
21. Das N, Verstraete K, Stanojevic S, et al. Deep-learning algorithm helps to standardise ATS/ERS spirometric acceptability

- and usability criteria. *Eur Respir J.* 2020;56(6):2000603. doi: 10.1183/13993003.00603-2020
22. Wang Y, Li Y, Chen W, et al. Deep learning for spirometry quality assurance with spirometric indices and curves. *Respir Res.* 2022;23(1):98. doi: 10.1186/s12931-022-02014-9
  23. Langan RC, Goodbred AJ. Office Spirometry: Indications and Interpretation. *Am Fam Physician.* 2020;101(6):362-8.
  24. Zhou J, Li X, Wang X, et al. Accuracy of portable spirometers in the diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease: A meta-analysis. *NPJ Primary Care Respiratory Medicine.* 2022;32:15. doi: 10.1038/s41533-022-00275-x
  25. Jiang F, Zeng YQ, Qian M, et al. Prevalence and quality of spirometry and the impact of spirometry training in Hunan, People's Republic of China. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2019;99(18):1385-9. doi: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.18.006