



Repetibilidad y reproducibilidad de la capacidad inspiratoria medida por espirometría y por plethysmografía corporal

Repeatability and reproducibility of inspiratory capacity measurement by spirometry and body plethysmography

Claudia Vargas-Domínguez,* Juan Carlos Vázquez-García*

*Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México, México.

RESUMEN. Introducción: la variabilidad entre mediciones de capacidad inspiratoria (IC) por plethysmografía o espirometría no han sido completamente descritas. El objetivo de este estudio fue describir la repetibilidad entre las diferentes maniobras de IC medida por espirometría lenta y su reproducibilidad comparada con plethysmografía corporal. **Material y métodos:** se trata un estudio descriptivo, transversal y prospectivo de una muestra de adultos sanos, quienes completaron mediciones de IC por espirometría lenta por dos maniobras diferentes y por medio de plethysmografía corporal. **Resultados:** se incluyeron un total de 49 participantes (27 hombres y 22 mujeres) con una edad promedio de 33.2 ± 8.3 años (26 a 65 años). La repetibilidad de la IC fue ≤ 150 mL en 96% de los sujetos para las maniobras de espirometría, mientras que para la plethysmografía fue de 78% de los participantes. La correlación (r de Pearson) fue de 0.95 entre las maniobras de espirometría lenta y de 0.87 y 0.88 comparado con plethysmografía. La concordancia entre mediciones mostró errores potenciales de hasta de 576 mL entre espirometría y de hasta 936 mL con plethysmografía. **Conclusiones:** la medición de IC medida por espirometría lenta alcanzó una repetibilidad de 150 mL o menos en 96% de los participantes, mientras que por plethysmografía fue sólo en 78% y con errores potenciales cercanos a un litro comparado con plethysmografía. Este estudio soporta la recomendación vigente de repetibilidad de 150 mL para la medición de IC espirométrica.

Palabras clave: capacidad inspiratoria, espirometría, repetibilidad.

Abreviaturas:

- dV = diferencia de volumen.
- EELV = volumen pulmonar al final de la espiración (*end expiratory lung volume*).
- EPOC = enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- FEV₁ = volumen espiratorio forzado en un segundo (*forced expiratory volume in one second*).

ABSTRACT. Introduction: the variability between measurements of inspiratory capacity (IC) by spirometry or plethysmography have not been completely described. The objective of this study was to describe the repeatability between the different IC maneuvers measured by slow spirometry and its reproducibility compared with body plethysmography.

Material and methods: this is a descriptive, cross-sectional and prospective study of a sample of healthy adults who completed IC measurements by slow spirometry by two different maneuvers and by body plethysmography. **Results:** a total of 49 participants (27 men and 22 women) with a mean age of 33.2 ± 8.3 years (26 to 65 years) were included. The repeatability of the IC was ≤ 150 mL in 96% of the subjects for spirometry maneuvers while for plethysmography it was 78% of the participants. The correlation (Pearson's r) was 0.95 between slow spirometry maneuvers and 0.87 and 0.88 compared with plethysmography. The agreement between measurements showed potential errors of up to 576 mL between spirometry and up to 936 mL with plethysmography. **Conclusions:** the IC measurement by slow spirometry reached a repeatability of 150 mL or less in 96% of the participants, while by plethysmography it was only in 78% with potential errors close to one liter compared to plethysmography. This study supports the current recommendation of repeatability of 150 mL for the IC measurement by spirometry.

Keywords: inspiratory capacity, spirometry, repeatability.

FRC = capacidad residual funcional (*functional residual capacity*).

FRC_{pleth} = FRC plethysmográfica.

FVC = capacidad vital forzada.

IC = capacidad inspiratoria (*inspiratory capacity*).

RV = volumen residual.

TLC = capacidad pulmonar total.

VC = capacidad vital.

Correspondencia:

Dr. Juan Carlos Vázquez-García

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas, Ciudad de México, México.

Correo electrónico: drjcvazquez@gmail.com

Recibido: 08-VIII-2023; aceptado: 18-VIII-2023.

Citar como: Vargas-Domínguez C, Vázquez-García JC. Repetibilidad y reproducibilidad de la capacidad inspiratoria medida por espirometría y por plethysmografía corporal. Neumol Cir Torax. 2023; 82 (1):7-13. <https://dx.doi.org/10.35366/114223>

INTRODUCCIÓN

La capacidad inspiratoria (*inspiratory capacity* o IC) es el volumen máximo de aire que se puede inhalar de forma continua desde un punto al final de una espiración normal (volumen corriente) hasta un punto de máxima inhalación o capacidad pulmonar total (TLC, por sus siglas en inglés).^{1,2} El punto inicial de inspiración de la IC corresponde a la capacidad residual funcional (*functional residual capacity* o FRC), es un volumen estático que también se denomina volumen pulmonar al final de la espiración (*end expiratory lung volume* o EELV). En pacientes con limitación del flujo de aire espiratorio por neumopatías obstructivas, el EELV está determinado por la constante de tiempo, el volumen corriente y el tiempo espiratorio.³ Los cambios en cualquiera de estas variables que aumentan el EELV producen una disminución de la IC. Esto es funcionalmente relevante porque la IC representa una reserva para el volumen corriente y, por lo tanto, para la ventilación minuto en condiciones de ejercicio.⁴ La medición de IC se ha utilizado con frecuencia con fines de investigación; puede ser incluso más sensible que el volumen espiratorio forzado en un segundo (*forced expiratory volume in one second* o FEV₁) para la cuantificación de la mejora funcional tras diversas intervenciones terapéuticas en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). La IC predice la hiperinflación dinámica y las limitaciones del ejercicio,⁵⁻⁷ se correlaciona significativamente con síntomas como la disnea, la respuesta a los broncodilatadores y la tolerancia al ejercicio.^{6,8-17} La IC se ha utilizado como indicador de mejora en programas de rehabilitación pulmonar que involucran las extremidades superiores e inferiores, con o sin oxigenoterapia,¹⁸⁻²⁰ en ventilación mecánica no invasiva²¹ y en cirugía de reducción de volumen.²² Asimismo, la IC se ha utilizado para definir la hiperinsuflación pulmonar como la relación IC/TLC por debajo de 25%. Conceptualmente, este índice representa la fracción pulmonar inspiratoria y se ha descrito como un importante predictor de mortalidad en pacientes con EPOC.²³ La IC puede ser medida tanto por capacidad vital (VC) como por plethysmografía corporal. Aunque la repetibilidad y reproducibilidad de la IC no ha sido completamente explorada, los estándares internacionales de las Sociedades Americana y Europea (ATS/ERS) recomiendan una repetibilidad de IC menor de 150 mL o menos con base en la experiencia del grupo y apgado a buenas prácticas.² El objetivo de este estudio fue describir la repetibilidad y reproducibilidad de las diferentes maniobras de medición de IC, tanto por espirometría lenta como por plethysmografía corporal en una muestra de adultos sanos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y prospectivo con una muestra por conveniencia, de acuerdo a la disponibilidad

del laboratorio de función pulmonar para los estudios de los participantes, quienes fueron sujetos sanos; en su mayoría trabajadores de la institución, mayores de 18 años, sin historia de enfermedad respiratoria aguda o crónica, sin síntomas respiratorios y sin antecedente de tabaquismo activo (menos de 400 cigarrillos a lo largo de su vida); todos firmaron consentimiento informado para el estudio. Se eliminaron a aquellos sujetos que no fueron capaces de realizar maniobras aceptables de la espirometría forzada, espirometría lenta o plethysmografía corporal. Las pruebas de función respiratoria se realizaron siempre en el mismo orden (espirometría lenta, espirometría forzada y plethysmografía corporal) y según lo señalan los estándares ATS/ERS 2005, vigentes al momento de realizar el estudio.²⁴ Todas las pruebas fueron realizadas por técnicos expertos del laboratorio de función pulmonar y posteriormente calificadas por un mismo observador para asegurar que cumplían los criterios de aceptabilidad y repetibilidad. Se utilizó un solo equipo de pruebas de función respiratoria (MasterScreen Body, Jaeger, Hochberg, Germany) para todas las pruebas. El equipo se calibró para volumen con una jeringa de tres litros diariamente antes de iniciar la jornada. La variabilidad máxima aceptada fue de $\pm 3\%$. Los sujetos fueron instruidos para la realización de las maniobras y, posteriormente, el técnico demostró la realización de cada maniobra. Todos los sujetos realizaron una espirometría forzada, sentados y en todos se obtuvo un mínimo de tres maniobras aceptables, para lo cual se realizaron hasta ocho intentos. La espirometría debía cumplir criterio de repetibilidad, definido como una diferencia menor a 150 mL entre los dos valores más altos de capacidad vital forzada (FVC) y los dos valores más altos de FEV₁.

Medición de capacidad inspiratoria (IC). Una vez sentado el sujeto, se colocó la pinza nasal y la boquilla del espirómetro, evitando la presencia de fuga aérea. El individuo debía estar relajado y se requería respirar de manera regular, por al menos tres ciclos respiratorios o hasta obtener un nivel de FRC estable. Se han descrito dos maniobras diferentes para medir la capacidad inspiratoria. La maniobra 1 se realiza con una IC después de alcanzar nivel estable de FRC (sin desplazamiento de la FRC hacia arriba o hacia abajo del nivel al final de la espiración), el sujeto debe inhalar rápidamente hasta el punto de TLC (inspiración máxima), seguido de exhalación relajada máxima hasta llegar a volumen residual (RV). En la maniobra, después de obtener una FRC estable, se solicita al sujeto que exhale completa y relajadamente hasta que se logre una meseta de un segundo; después se indica que inhale completamente hasta alcanzar TLC (VC inspiratoria) y que nuevamente exhale completamente de forma relajada y hasta alcanzar una meseta de por lo menos un segundo (VC espiratoria). Todos los sujetos completaron al menos tres mediciones aceptables de VC para ambas maniobras con repetibilidad menor a 150 mL.

Tabla 1: Características generales de la población estudiada.

Variable	Hombres (n = 27)	Mujeres (n = 22)	Total (n = 49)
Edad, años	33.7 ± 7.3 (26-51)	35.1 ± 0.07 (27-65)	33.2 ± 8.3 (26-65)
Peso, kg	78.5 ± 10.5 (63-116)	62.5 ± 9.1 (46-82)	71.1 ± 12.8 (46-116)
Estatura, m	1.75 ± 0.05 (1.64-1.87)	1.59 ± 0.06 (1.49-1.81)	1.67 ± 0.10 (1.49-1.82)
IMC, kg/m ²	25.7 ± 3.1 (21.6-38.3)	24.6 ± 2.8 (20.0-30.1)	25.2 ± 3.0 (20-38.3)
*Participantes con IMC ≥ 25 kg/m ²	14 (51.8%)	10 (45.5%)	24 (50.0%)
*Participantes con IMC ≥ 30 kg/m ²	1 (3.7%)	1 (4.5%)	2 (4.0%)
Maniobras de espirometría forzada	4.4 ± 1.3 (3-8)	4.3 ± 1.5 (3-7)	4.3 ± 1.3 (3-8)
FVC, L	5.24 ± 0.65 (3.78-6.54)	3.55 ± 0.8 (2.66-4.65)	4.46 ± 1.01 (2.66-6.54)
FVC, %p	110.0 ± 12.3 (80-139)	103.9 ± 11.3 (92-128)	109.3 ± 11.9 (80-144)
FEV ₁ , L	4.23 ± 0.51 (3.13-5.43)	2.91 ± 0.43 (2.02-3.98)	3.62 ± 0.82 (2.02-5.43)
FEV ₁ , %p	105.1 ± 11.8 (79-144)	109 ± 11.9 (78-130)	104.3 ± 11.8 (79-144)
FEV ₁ /FVC, %	81.8 ± 5.2 (70.7-92.6)	83.3 ± 5.1 (74.1-92.0)	82.6 ± 5.1 (70.7-92.6)

Los valores están expresados en media ± desviación estándar (valor mínimo y máximo), y otros en n(%)*.

%p = porcentaje predicho. IMC = índice de masa corporal. FVC = capacidad vital forzada. FEV₁ = volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

Pletismografía corporal. Los participantes fueron colocados dentro de la cabina sentados con el tronco erguido, y se ajustó la boquilla a la altura apropiada de la boca sin flexionar el cuello. Se cerró la puerta de la cámara y se dio el tiempo necesario, generalmente un minuto, para que se equilibre la temperatura y el individuo se sintiera cómodo. Despues, se indicó la correcta colocación de la boquilla y la pinza nasal; posteriormente, se solicitaban respiraciones normales (volumen corriente) hasta que la FRC se observaba estable, habitualmente entre tres a 10 respiraciones. Al final de una espiración en volumen corriente normal (nivel de FRC) se ocluía el obturador, por dos a tres segundos, y se pedía que realizaran una serie de respiraciones gentiles en jadeo a una frecuencia aproximada de una respiración por segundo. Cuando se reabría el obturador se completaba una maniobra de VC; igual a la maniobra 1 de la espirometría lenta. Una maniobra aceptable se definió por: 1) FRC estable antes de la oclusión; 2) la diferencia de volumen (dV) al nivel de la FRC al momento de la oclusión de la válvula debe ser menor a 200 mL; 3) los dos extremos de la curva de FRC pletismográfica (FRC_{pleth}) debían ser visibles en la gráfica; 4) la frecuencia respiratoria durante la obturación debía ser de aproximadamente 60 respiraciones por minuto (30-90); 5) la curva de FRC_{pleth} debía ser regular y con histéresis mínima (la fases de inspiración y espiración debían estar prácticamente sobreuestas); 6) la pendiente de la recta de medición debía ser paralela a la parte espiratoria de la curva de FRC_{pleth}; y, 7) se debían obtener, por lo menos, tres maniobras de FRC_{pleth} aceptables. Para la maniobra de VC se debía alcanzar una meseta de al menos un segundo sin cambio de volumen.

La repetibilidad de la pletismografía se calculó después de obtener tres maniobras aceptables. La FRC_{pleth} debe tener una varianza menor a 5% [(FRC_{pleth} mayor – FRC_{pleth} menor)/FRC_{pleth} promedio]. Además, la VC debía ser repetible en menos de 150 mL entre los dos valores más altos.

Análisis de datos. Para la descripción general de las variables se usaron promedios y desviación estándar (DE) o, en defecto, proporciones según el tipo de variable. Se cuantificó la variabilidad de la IC en mL y en porcentaje entre los dos valores más altos de cada prueba (espirométrica y pletismográfica) como valores promedio en mL y en por ciento, así como percentiles 90 y 95. Asimismo, se calcularon los coeficientes de correlación (r de Pearson) y el análisis gráfico de concordancia con la prueba de Bland et al.²⁵ para las mediciones de IC de la espirometría y de la pletismografía.

RESULTADOS

Se incluyeron un total de 56 participantes; se eliminaron cuatro sujetos que no pudieron realizar maniobras aceptables de espirometría forzada, otros dos sujetos por la maniobra 2 de IC y uno por pletismografía, por lo que la muestra final fue de 49 participantes, 27 hombres y 22 mujeres, con edad promedio de 33.2 ± 8.3 años (26 a 65 años). En la *Tabla 1* se muestran las características generales, antropométricas y los resultados de la espirometría forzada de la población estudiada. En general, todos presentaron valores de FVC, FEV₁ y relación FEV₁/FVC dentro de límites de referencia.

En la *Tabla 2* se muestra la repetibilidad de las maniobras de IC realizadas por espirometría lenta y por pletismografía

corporal. El número total de maniobras realizadas para obtener un mínimo de tres esfuerzos aceptables fueron en promedio de 4.5 ± 1.0 (tres a ocho esfuerzos) para la maniobra 1 de IC y de 4.5 ± 0.9 (tres a ocho) para la maniobra 2; para pletismografía se realizaron 5.0 ± 1.1 (tres a siete esfuerzos). Además, se muestran los valores de repetibilidad de cada prueba como promedios, porcentajes y percentilas 90 y 95 (p90, p95). La repetibilidad de la IC fue ≤ 150 mL

en 96% de los participantes o $\leq 5\%$ en 98% de los sujetos para las maniobras 1 y 2 de espirometría, mientras que para pletismografía fue de 78 y 80%, respectivamente.

Las Figuras 1 a 2 muestran las gráficas de correlación y el análisis gráfico de Bland y Altman de la IC entre maniobras 1 y 2 de espirometría (Figura 1), así como las maniobras 1 y 2 versus pletismografía (Figura 2). Los valores de IC con las tres mediciones se observaron altamente correlacionados

Tabla 2: Repetibilidad de las pruebas de capacidad inspiratoria.

Parámetro	Capacidad inspiratoria (IC)		
	Maniobra 1	Maniobra 2	Pletismografía
Número de maniobras	4.5 ± 1.0 (3 a 8)	4.5 ± 0.9 (3 a 8)	5.0 ± 1.1 (3 a 7)
IC promedio, L	3.12 ± 0.78 (2.03-5.24)	3.17 ± 0.74 (2.11-5.32)	3.15 ± 0.95 (1.09-5.76)
Repetibilidad en mL	69.0 ± 68.1 (0-420)	72.3 ± 50.2 (0 a 210)	108.5 ± 100.0 (0 a 420)
Percentil 90, mL	122	130	244
Percentil 95, mL	150	146	318
≤ 100 mL, n (%)	38 (77.6)	35 (71.4)	28 (57.1)
≤ 150 mL, n (%)	47 (95.9)	47 (95.9)	38 (77.6)
≤ 200 mL, n (%)	48 (98.0)	48 (98.0)	41 (83.7)
Repetibilidad en %	2.3 ± 2.5 (0-15.3)	2.4 ± 1.8 (0-7.4)	3.4 ± 3.2 (0-10.8)
$\leq 3\%$ mL, n (%)	22 (44.8)	20 (40.8)	30 (61.2)
$\leq 5\%$ mL, n (%)	48 (98.0)	48 (98.0)	39 (79.6)
$\leq 10\%$ mL, n (%)	49 (100)	49 (100)	45 (91.8)

Excepto cuando se señala de otra forma, los valores están expresados en media \pm desviación estándar (valor mínimo y máximo).

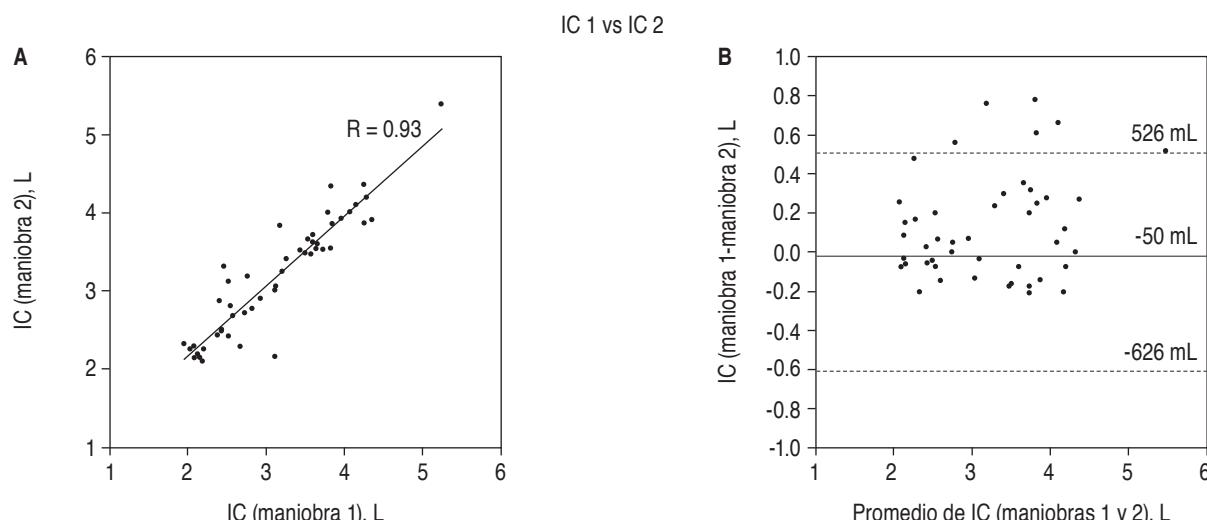


Figura 1: La gráfica A presenta la correlación entre las mediciones de capacidad inspiratoria (IC) medida por espirometría lenta. La maniobra 1 o IC1 corresponde a la IC medida posterior a volumen corriente (inicio desde capacidad funcional residual) y la maniobra 2 (IC2) que corresponde a la medición con maniobra de capacidad vital inspiratoria seguida de capacidad vital espiratoria. La gráfica B muestra el análisis de acuerdo de Bland y Altman; se grafica el promedio de ambas mediciones (IC1 e IC2) contra la diferencia entre ambas. Este análisis resume las diferencias o errores potenciales entre ambas mediciones que, en este caso, es de -50 ± 576 mL (promedio y dos desviaciones estándar). IC = capacidad inspiratoria. L = litros.

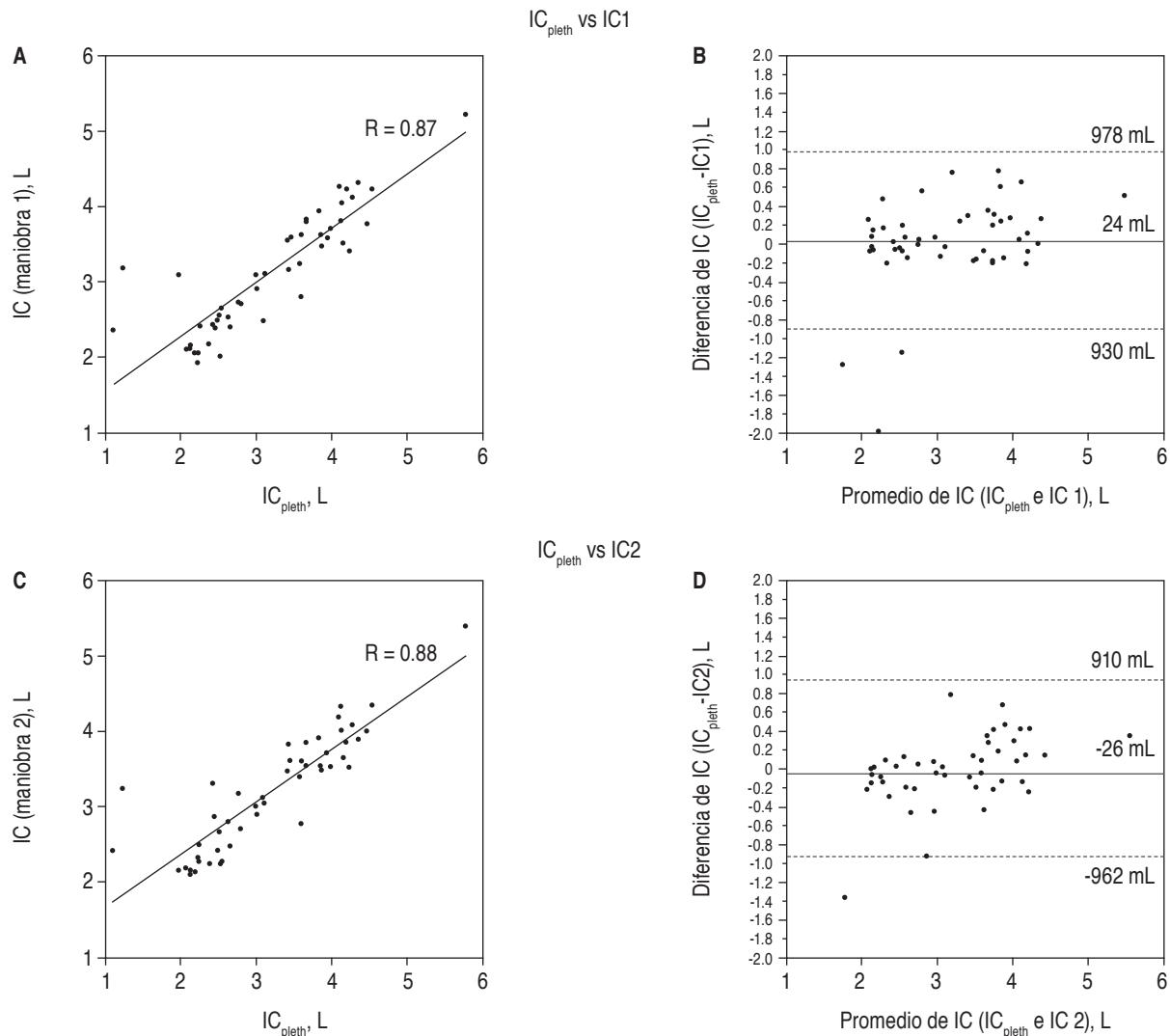


Figura 2: En el panel superior en la gráfica **A** se muestra la correlación entre las mediciones de capacidad inspiratoria medida por pleismografía (IC_{pleth}) comparada con la maniobra 1 (IC_1) de espirometría lenta. En la gráfica **B** se muestra el análisis de acuerdo (Bland y Altman); se grafica el promedio de ambas mediciones (IC_{pleth} e IC_1) contra la diferencia entre ambas, la diferencia o error es de 24 ± 954 mL (promedio y dos desviaciones estándar). En el panel inferior en la gráfica **C** se muestra la correlación y en la gráfica **D** el acuerdo entre IC_{pleth} y la maniobra 2 de espirometría lenta (-26 ± 936 mL). L = litro.

(r de Pearson) con un coeficiente de correlación de 0.95 entre las maniobras 1 y 2; de 0.87 entre la maniobra 1 y pletismografía, así como de 0.88 entre la maniobra 2 y la pletismografía). Sin embargo, la concordancia entre mediciones (análisis de Bland y Altman) mostró errores potenciales hasta de 576 mL entre las maniobras 1 y 2, de 954 mL (maniobra 1 versus pletismografía) y de 936 mL (maniobra 2 versus pletismografía).

DISCUSIÓN

Este estudio explora aspectos técnicos y la variabilidad de la medición de la IC en sujetos sanos, tanto medida por

espirometría lenta como por pleismografía corporal. Los resultados de mayor relevancia fueron: 1) la gran mayoría de los sujetos fueron capaces de realizar maniobras aceptables en todas las pruebas; 2) las maniobras de espirometría fueron más repetibles que las de pleismografía; y 3) en general, todas las mediciones de IC tuvieron una alta correlación; sin embargo, en el análisis de concordancia se revelan diferencias potenciales cercanas a un litro cuando se compara espirometría con pleismografía.

Inicialmente se exploró la variabilidad de las maniobras de IC obtenidas por espirometría lenta (maniobras 1 y 2) que corresponden a la medición de IC desde FRC (maniobra 1) y medición de IC posterior a una capacidad

vital inspiratoria (maniobra 2), lo que permitió evaluar la intercambiabilidad de las maniobras. Ambas mostraron un desempeño similar con base en el número de maniobras necesarias para alcanzar una prueba aceptable y en los valores de repetibilidad. Los criterios de aceptabilidad de la IC son los propios de la maniobra de VC lenta ya descritos.² Sin embargo, la repetibilidad que se puede alcanzar entre maniobras para la IC no ha sido completamente explorada. Tantucci y colaboradores²⁶ describieron una repetibilidad de 200 mL o menos (< 9%) en 241 sujetos sanos de 65 a 85 años. Al igual que en cualquier prueba de función respiratoria, ésta depende de la exactitud y la precisión de los equipos, la maniobra respiratoria requerida, la capacidad del técnico y la cooperación por parte de las personas que se someten a la prueba, así como su interacción con el técnico. La espirometría forzada y la espirometría lenta son conocidas por alcanzar elevadas repetibilidades de FEV₁, FVC y VC, por lo que se podría esperar que la repetibilidad de la IC también sea elevada. Los estándares internacionales ATS/ERS 2019² de espirometría requieren una repetibilidad menor a 150 mL para todos estos valores. Sin embargo, este valor está definido con base en la experiencia del grupo de trabajo y a buenas prácticas. En este estudio, para ambas maniobras de IC por espirometría lenta, el 96% de los sujetos alcanzaron una repetibilidad de 150 mL o menos y en 98% fue ≤ 5%. En consecuencia, se puede afirmar que cualquiera de estos valores espirométricos (FEV₁, FVC, VC e IC) son técnicamente muy confiables para fines de diagnóstico, de seguimiento y de medición de cambio; como sucede en la prueba de respuesta a broncodilatador, en el seguimiento de los enfermos respiratorios o en personas expuestas a riesgos respiratorios, así como en la evaluación de intervenciones terapéuticas.

Otro hallazgo de este estudio es que las mediciones de la IC por espirometría alcanzaron mejor repetibilidad que la pletismografía. La IC medida por pletismografía mostró valores de repetibilidad mayores y con diferencias potenciales de casi un litro (*Figura 2*). Esto se podría explicar porque la maniobra de IC realizada por pletismografía es técnicamente más compleja y requiere de mayor entrenamiento y cooperación, pues se hace secuencialmente con la medición de capacidad funcional residual (FRC_{pleth}). La pletismografía requiere de un período en el cual hay una oclusión del obturador de la boquilla (dos a tres segundos) donde se mide la FRC_{pleth} y posterior a ello se realiza la maniobra de IC. En contraste, con la espirometría lenta, la maniobra IC se realiza después de una espiración a volumen corriente. Los valores de IC tuvieron una buena correlación entre las mediciones de espirometría lenta y pletismografía (*Figuras 1 y 2*). Esto significa que las maniobras no son completamente intercambiables y con fines de seguimiento debe considerarse realizar siempre la misma prueba, preferentemente por espirometría lenta.

La principal limitación de este estudio es que explora un número limitado de sujetos sanos y el muestreo de la población estudiada fue por conveniencia, lo que podría ser no completamente representativa de la población general ni de pacientes con enfermedades respiratorias.

CONCLUSIONES

La medición de IC, principalmente cuando se mide por espirometría lenta y con cualquiera de las maniobras aceptadas, mostró aceptabilidad y una repetibilidad de 150 mL o menos en 96% de los sujetos; mientras que para pletismografía fue en 78% de los participantes. En general, todas las mediciones de IC tuvieron un coeficiente de correlación alto. Sin embargo, los análisis de concordancia revelan diferencias potenciales cercanas a un litro cuando se comparan con mediciones por pletismografía, por lo que no deben considerarse intercambiables. Este estudio soporta la recomendación actual de los estándares ATS/ERS 2019 de espirometría de requerir una repetibilidad de 150 mL o menos para la medición de IC.

REFERENCIAS

- Wanjer J, Clausen JL, Coates A, Pederson OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardization of the measurement of lung volumes. Eur Respir J. 2005;26(3):511-522. Available in: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035005>
- Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med. 2019;200(8):e70-e88. Available in: <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590st>
- O'Donnell DE, Webb KA. Exertional breathlessness in patients with chronic airflow limitation. The role of lung hyperinflation. Am Rev Respir Dis. 1993;148(5):1351-1357. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm/148.5.1351>
- Casanova- Macario C, Celli BR. Should we be paying attention to inspiratory capacity? Arch Bronconeumol. 2007;43(5):245-247.
- Díaz O, Villafranca C, Ghezzo H, Borsone G, Leiva A, Milic-Emil J, et al. Role of inspiratory capacity on exercise tolerance in COPD patients with and without tidal expiratory flow limitation at rest. Eur Respir J. 2000;16(2):269-275. Available in: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.2000.16b14.x>
- Boni E, Corda L, Franchini D, Chirolì P, Damiani GP, Pini L, et al. Volume effect and exertional dyspnoea after bronchodilator in patients with COPD with and without expiratory flow limitation at rest. Thorax. 2002;57(6):528-532. Available in: <https://doi.org/10.1136/thorax.57.6.528>
- Pellegrino R, Brusasco V. Lung hyperinflation and flow limitation in chronic airway obstruction. Eur Respir J 1997;10(3):543-549.
- O'Donnell DE, Lam M, Webb KA. Measurement of symptoms, lung hyperinflation and endurance during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care. 1998;158(5 Pt 1):1557-1565. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.158.5.9804004>
- O'Donell DE, Lam M, Webb KA. Spirometric correlates of improvement in exercise performance after anticholinergic therapy

- in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 1999;160(2):542-549. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.160.2.9901038>
10. Taube C, Lehnigk B, Paasch K, Kirsten DK, Jörres RA, Magnussen H. Factor analysis of changes in dyspnea and lung function parameters after bronchodilatation in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 2000;162(1):216-220. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.1.9909054>
 11. Marin JM, Carrizo SJ, Gascon M, Sanchez A, Gallego B, Celli BR. Inspiratory capacity, dynamic hyperinflation, breathlessness and exercise performance during the 6 minute walk test in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 2001;163(6):1395-1399. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.6.2003172>
 12. Díaz O, Villafranca C, Ghezzo H, Borzone G, Leiva A, Milic-Emilli J, et al. Breathing pattern and gas exchange at peak exercise in COPD patients with and without tidal flow limitation at rest. Eur Respir J. 2001;17(6):1120-1127. Available in: <https://doi.org/10.1183/09031936.01.00057801>
 13. Hadcroft J, Calverly PM. Alternative methods for assessing bronchodilator reversibility in chronic obstructive pulmonary disease. Thorax. 2001;56(9):713-720. Available in: <https://doi.org/10.1136/thorax.56.9.713>
 14. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 2001;164(5):770-777. Available in: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.164.5.2012122>
 15. Duranti R, Filippelli M, Bianchi R, Romagnoli I, Pellegrino R, Busasco V, et al. Inspiratory capacity and decrease in lung hyperinflation with albuterol in COPD. Chest. 2002;122(6):2009-2014.
 16. Di Marco F, Milic-Emilli J, Boveri B, Carlucci P, Santus P, Casanova F, et al. Effect of inhaled bronchodilators on inspiratory capacity and dyspnoea at rest in COPD. Eur Respir J. 2003;21(1):86-94. Available in: <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00020102>
 17. Celli B, ZuWallac R, Wang S, Kesten S. Improvement in resting inspiratory capacity and hyperinflation with tiotropium in COPD patients with increase static lung volumes. Chest. 2003;124(5):1743-1748. Available in: <https://doi.org/10.1378/chest.124.5.1743>
 18. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Standardi L, Castellani C, et al. Arm exercise and hyperinflation in patients with COPD. Effect of arm training. Chest. 2005;128(3):1225-1232. Available in: <https://doi.org/10.1378/chest.128.3.1225>
 19. Porszasz J, Emthner M, Goto S, Somfay A, Whipp BJ, Casaburi R. Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. Chest. 2005;128(4):2025-2034. Available in: <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.2025>
 20. Eves ND, Petersen SR, Haykowsky MJ, Wong EY, Jones RL. Helium-hyperoxia, exercise, and respiratory mechanism in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 2006;174(7):763-771. Available in: <https://doi.org/10.1164/rccm.200509-1533oc>
 21. Budweiser S, Heineman F, Fischer W, Dobroschke J, Pfeifer M. Long term reduction of hyperinflation in stable COPD by non-invasive nocturnal home ventilation. Respir Med. 2005;99(8):976-984. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.02.007>
 22. Neviere R, Catto M, Bautin N, Robin S, Porte H, Desbordes J, et al. Longitudinal changes in hyperinflation parameters and exercise capacity after giant bullous emphysema surgery. J Thorac Cardiovasc Surg. 2006;132(5):1203-1207. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.08.002>
 23. Casanova C, Cote C, De Torres JP, Aguirre-Jaime A, Marin JM, Pinto-Plata V, et al. Inspiratory to total lung capacity ratio predicts mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med. 2005;171(6):591-597. Available in: <https://doi.org/10.1164/rccm.200407-867oc>
 24. Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pederson OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardization of the measurement of lung volumes. Eur Respir J. 2005; 26(3):511-522. Available in: <https://doi.org/10.1183/9031936.05.00035005>
 25. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1(8476):307-310.
 26. Tantucci C, Pinelli V, Cossi S, Guerini M, Donato F, Grassi V; SARA Study Group. Reference values and repeatability of inspiratory capacity for men and women aged 65-85. Respir Med. 2006;100(5):871-877. doi: 10.1016/j.rmed.2005.08.017.

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.