



Revista alergia México

ISSN: 0002-5151

ISSN: 2448-9190

Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C.

Rivero-Yeverino, Daniela
Espirometría: conceptos básicos
Revista alergia México, vol. 66, núm. 1, 2019, Enero-Marzo, pp. 76-84
Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C.

DOI: 10.29262/ram.v66i1.536

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486759560009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Spirometry: basic concepts

Espirometría: conceptos básicos

Daniela Rivero-Yeverino¹

Abstract

Spirometry is a pulmonary function test that allows screening, diagnosis and monitoring of respiratory diseases. This is a simple, non-invasive test that is easy to perform. By quantifying the respiratory volumes and flows, such as forced vital capacity (FVC) or forced expiratory volume in six seconds (FEV_6), forced expiratory volume in the first second (FEV_1), and the relationship between these parameters (FEV_1/FVC or FEV_1/FEV_6 ratio), obstruction can be detected with high sensitivity and specificity; likewise, it is possible to classify the severity and response to the bronchodilator. This article presents indications, contraindications, and basic concepts for the interpretation of spirometry.

Keywords: Spirometry; Forced expiratory volume in the first second; Forced expiratory volume in six seconds; Forced vital capacity; Respiratory function tests

Este artículo debe citarse como: Rivero-Yeverino D. Espirometría: conceptos básicos. Rev Alerg Méx. 2019;66(1):76-84

ORCID

Daniela Rivero-Yeverino, 0000-0002-7586-2276

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Hospital Universitario de Puebla, Puebla, México

Correspondencia: Daniela Rivero-Yeverino.
driveroy@hotmail.com

Recibido: 2018-08-10
Aceptado: 2018-09-26
DOI: 10.29262/ram.v66i1.536



Resumen

La espirometría es una prueba de función pulmonar que permite el cribado, diagnóstico y monitorización de las enfermedades respiratorias. Esta prueba es sencilla, fácil de realizar y no invasiva. Mediante la cuantificación de los volúmenes y los flujos respiratorios como la capacidad vital forzada (CVF) o volumen espiratorio forzado en seis segundos (VEF_6), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF_1) y la relación entre estos parámetros (índice VEF_1/CVF o VEF_1/VEF_6) se detecta obstrucción, con alta sensibilidad y especificidad; asimismo, es posible clasificar la gravedad y la respuesta al broncodilatador. En este artículo se exponen indicaciones, contraindicaciones y conceptos básicos para la interpretación de la espirometría.

Palabras clave: Espirometría; Volumen espiratorio forzado en el primer segundo; Volumen espiratorio forzado en seis segundos; Capacidad vital forzada; Pruebas de función pulmonar

Abreviaturas y siglas

ATS, Sociedad Americana de Tórax
CVF, capacidad vital forzada
EOTV, volumen al final de la espiración
ERS, Sociedad Europea Respiratoria

FEF_{25-75 %}, flujo espiratorio forzado 25-75 %
PEF, pico espiratorio flujo
 VEF_1 , volumen espiratorio forzado en el primer segundo
 VEF_6 , volumen espiratorio forzado en seis segundos

Antecedentes

La espirometría es una prueba que sirve para valorar la mecánica pulmonar. Los esfuerzos para conocer y estudiar la capacidad pulmonar iniciaron durante el siglo II a. C. con Galeno. En 1844, John Hutchinson construyó el primer espirómetro y describió los términos de capacidad vital, volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio, volumen reserva espiratorio y volumen residual.

En 1925, Fleisch diseñó el primer neumotacógrafo, que permite obtener mediciones precisas de flujo. En 1947, Tiffeneau describió el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF_1), nueve años más tarde la Sociedad Británica de Tórax publicó la importancia de la relación entre VEF_1 y la capacidad vital forzada (CVF) y explica el flujo espiratorio forzado 25-75 % (FEF_{25-75 %}).

En 1979, la Sociedad Americana de Tórax (ATS) emite los lineamientos para estandarizar la técnica espirométrica, un año después Taussing *et al.* hicieron lo propio para el grupo pediátrico.^{1,2}

Espirómetros

La ATS y la Sociedad Europea Respiratoria (ERS) establecen los estándares mínimos para el buen funcionamiento de los espirómetros resumidos en

el cuadro 1. Existen dos tipos de espirómetros, de acuerdo con su funcionamiento: de volumen y flujo.³

Espirómetros de volumen

También llamados de circuito cerrado, registran la cantidad de aire que se desplaza a través de la vía aérea en una inhalación o exhalación en un tiempo determinado, obteniendo el volumen directamente y el flujo por diferenciación, lo que permite el registro de la curva de volumen/tiempo al instante. Se puede añadir un circuito electrónico o digital para obtener también la curva de flujo/volumen.⁴ Su limpieza debe ser cuidadosa y adecuada, dado que existe el riesgo de colonización por microorganismos. Su calibración tiene mayor exactitud y es sencilla. Debido a su peso y tamaño, su uso en atención primaria es limitado. De acuerdo con su mecanismo se dividen en:

- **Húmedos:** cuentan con un compartimento en forma de campana sumergido en agua que se desplaza de acuerdo con las variaciones de volumen de la exhalación del paciente; se conectan a un inscriptor que registra la curva en tiempo real.⁵
- **Secos:** están integrados por una cámara en forma de fuelle que se distiende con la exhalación

Cuadro 1. Estándares para el equipo espirométrico

Capacidad para medir un volumen ≥ 8 L.Volumen acumulado de 10-15 segundos.⁴La resistencia al flujo aéreo debe ser \leq a 1.5 cm H₂O/litro/segundo a flujo de 12-14 L/segundo*.³La exactitud de lectura deberá ser de 3 % o ≥ 50 mL con flujos entre 0-14 L/segundo.⁵

Corrección de presión saturada con vapor de agua

*La resistencia total deberá medirse con filtros, boquillas o cualquier otro instrumento que se encuentre entre el espiómetro y el individuo.

forzada, en uno de sus extremos cuentan con un inscriptor que censa la curva conforme se lleva a cabo el movimiento.

Espiómetros de flujo

Son los más utilizados actualmente, llamados también de circuito abierto. Pueden ser bidireccionales, es decir, registrar flujo espiratorio e inspiratorio. Miden directamente la velocidad del flujo ventilatorio y por integración el volumen a través de un sensor

mediante digitalización. Algunos disponen de una pantalla donde se observa el trazo de las curvas en tiempo real, otros se pueden conectar a un ordenador para poder visualizarlas y los esfuerzos pueden grabarse y utilizarse posteriormente. Son livianos y fáciles de transportar, el riesgo de contaminación disminuye al tener boquillas, filtros y, en algunos casos, sensores de flujo desechables.^{5,6,7} Existen diferentes sistemas, los más utilizados son los flujómetros de turbina y los neumotacógrafos:

Cuadro 2. Contraindicaciones para espirometría

Absolutas ^{2,8,15,16}	
Inestabilidad hemodinámica.	Aneurisma en la aorta torácica de gran tamaño (> 6 cm).
Tromboembolismo pulmonar masivo.	Hipertensión intracraneal.
Hemoptisis.	Desprendimiento agudo de retina.
Infecciones respiratorias activas.	Síndrome coronario agudo.
Infarto de miocardio reciente: menos de siete días.	Preeclampsia.
Angina inestable.	Hipertensión severa: sistólica > 200 mm Hg, diastólica > 120 mm Hg, tensión arterial media > 130 mm Hg.
Relativas ^{2,8,15,16}	
Dolor torácico o abdominal independiente de la causa.	Cirugía de cerebro: 3-6 semanas.
Niños < 5 años.	Cirugía de oídos.
Demencia o alteraciones de la conciencia.	Cirugía ocular: 1 semana-6 meses.
Incontinencia de esfuerzo.	Diarrea o vómitos agudos, estado nauseoso.
Traqueotomía.	Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y sujeción de la boquilla.
Infecciones óticas.	Derrame pleural: 24 horas posteriores a la toracocentesis.
Cirugías de tejidos blandos: 3-12 meses.	Neumotórax reciente: dos semanas después de la reexpansión.
Cirugía abdominal o torácica.	Infarto al miocardio: un mes y bajo tratamiento y monitorización.
Contraindicaciones para uso de beta2-agonista ¹⁶	
Tirotoxicosis, taquidisritmias, falla cardíaca, hipertensión.	

- *Flujómetros de turbina*: se componen por un cabezal con una hélice que gira con el flujo exhalado, son frágiles y de menor calidad.⁵
- *Neumotacógrafos*: miden la diferencia de presiones antes y después de atravesar una resistencia neumática existente en la boquilla, llamada neumotacómetro, que puede presentar dos variantes: tipo Fleisch, que cuenta con una estructura cilíndrica formada por varios tubos capilares; y tipo Lilly, compuesto por una membrana plástica o metálica.⁵

Variables de corrección

El aire circulante en los pulmones generalmente se encuentra a una temperatura de 37 °C, con una saturación a 100 % de vapor de agua en el medio ambiente. Al salir de los pulmones hacia el espirómetro, el aire se enfría y disminuye su volumen hasta en 6 a 10 %, por lo que los valores deben corregirse de acuerdo con las variables de temperatura corporal y presión saturada con vapor de agua para obtener el valor real del paciente. Por lo general, los espirómetros realizan esta conversión automáticamente y de no ser así se debe calcular manualmente.⁷

El equipo espirométrico requiere cuidados específicos para un óptimo desempeño, como el uso de filtro antimicrobianos, actualizaciones periódicas de recursos materiales y de programas operativos y la calibración que comparan los flujos reales contra lo que registra el sensor.³

Parámetros espirométricos

- *Capacidad vital forzada*: cantidad máxima de aire exhalado forzadamente partiendo de una inhalación total; recibe también el nombre de volumen espiratorio forzado. Se compone por la suma del volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio y volumen de reserva espiratorio. El valor normal es $\geq 80 \%$.^{8,9,10}
- *Pico espiratorio flujo (PEF)*: es el flujo instantáneo máximo de la maniobra CVF; se expresa en litros.¹¹
- *Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁)*: cantidad del aire exhalado abruptamente en el primer segundo después de una inhalación máxima. El valor normal es $\geq 80 \%$.
- *Índice VEF₁/CVF*: es la fracción de aire que exhala un individuo en un segundo respecto a su capacidad vital forzada. Este indicador es determinante para detectar obstrucción, mas no para dar seguimiento a

la progresión de la enfermedad, ya que VEF₁ tiende a disminuir proporcionalmente con el deterioro del CVF. El valor normal es $\geq 70 \%$ o de acuerdo con el límite inferior de normalidad.^{4,12-16}

- *Volumen espiratorio forzado en seis segundos (VEF₆)*: este parámetro ha sido utilizado como sustituto de CVF, ya que implica menos esfuerzo por parte del paciente, es más repetible que CVF en pacientes con obstrucción y tiene menor posibilidad de que exista fatiga u otras complicaciones como síncope, sin embargo, existe poca información acerca de los predichos de este volumen.^{8,9,13}
- *Índice VEF₆/CVF*: puede utilizarse en sustitución del índice VEF₁/CVF.^{9,13}
- *Volumen extrapolado*: cantidad de aire liberado accidentalmente antes de iniciar la exhalación abruptamente; se relaciona con espirómetros de circuito abierto o inseguridad del paciente al realizar la maniobra.^{2,6}

Indicaciones y contraindicaciones

Entre las indicaciones para la realización de la espirometría se encuentran sospecha de enfermedad pulmonar con síntomas como tos, disnea, sibilancias, estertores, estridor, deformidad torácica; estimación de la gravedad, pronóstico y seguimiento de las enfermedades respiratorias; evaluación del riesgo para procedimientos quirúrgicos, tamizaje de sujetos con probabilidad de presentar enfermedad pulmonar por exposición a factores laborales, ocupaciones, medicamentos o toxicománias. Las contraindicaciones pueden ser absolutas o relativas, como se menciona en el cuadro 2.

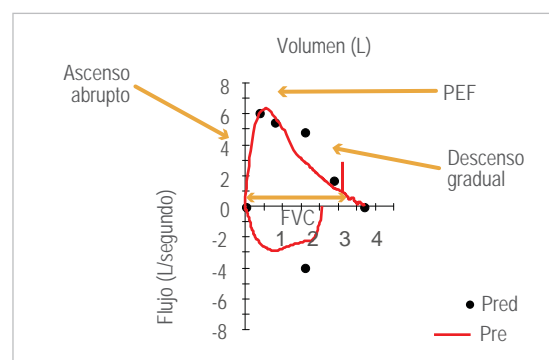


Figura 1. Curva flujo-volumen. Se observan criterios de aceptabilidad de inicio y término; maniobra libre de artefactos. PEF = pico espiratorio flujo.

más se adecuan a la población mexicana son las realizadas por Pérez-Padilla *et al.* con población latinoamericana > 40 años, NHANES III con el perfil mexicanoamericano a partir de los ocho años y las PLATINO, que abarcan población latinoamericana de 40 a 80 años.^{21,22,23}

El patrón obstructivo se caracteriza por un valor del índice VEF_1/CVF o VEF_1/VEF_6 menor al valor fijo de 70 % respecto al predicho o menor al límite inferior de referencia que establece ERS/ATS en el contexto de la disminución de la función pulmonar

que inicia entre la tercera y cuarta década de la vida. El VEF_1 gradúa la severidad de la obstrucción. Se valora la CVF de no existir obstrucción; si se encuentra por debajo de 80 % respecto al valor predicho es sugerente de restricción, en caso contrario se considera una espirometría normal (figura 3).^{24,25}

El FEF_{25-75} se considera un parámetro sensible para la detección de obstrucción en la vía aérea pequeña y mediana en el contexto anterior; un valor bajo se ha asociado con severidad y persistencia de los síntomas de asma.^{26,27}

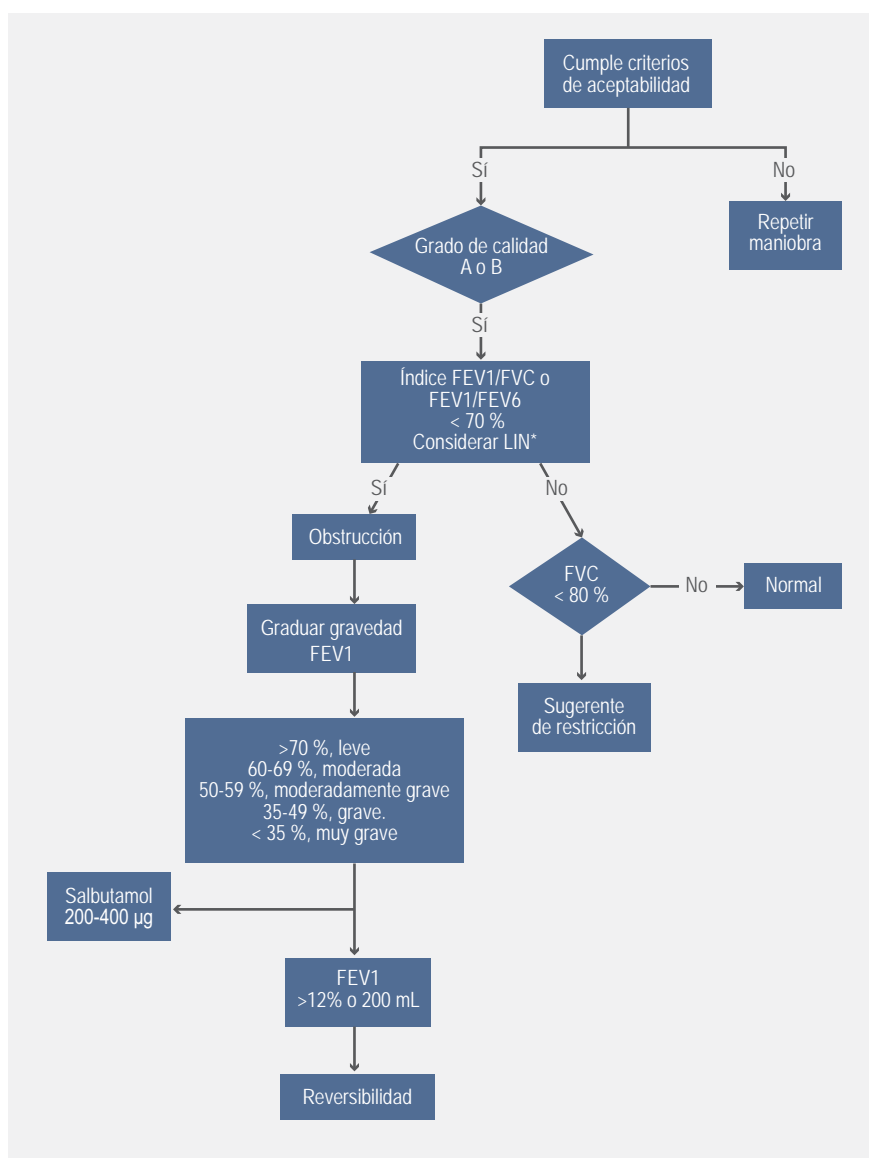


Figura 3. Flujograma que explica el procedimiento para la interpretación de la espirometría, que abarca criterios de aceptabilidad, grados de calidad, graduación de la gravedad y definición de patrones, así como la aplicación de beta2-agonista y la respuesta al broncodilatador o reversibilidad.

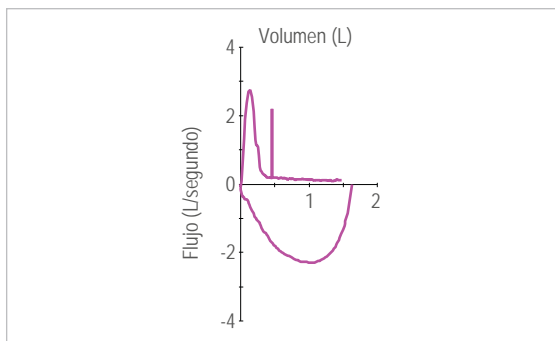


Figura 4. Obstrucción grave.

Para el seguimiento del paciente lo más adecuado es comparar los resultados con las mediciones previas del mismo sujeto; esta lectura longitudinal es más sensible y se considera representativa cuando el VEF_1 presenta una disminución de 15 % entre diferentes maniobras (figura 4).^{4,28,29}

Reversibilidad

La prueba con aplicación de broncodilatador se realiza con un beta2-agonista de corta acción, en este caso salbutamol, con una dosis de 400 μg en adultos y 200 μg en niños, con intervalo de 30 segundos entre disparos; se administran a través de una cámara espaciadora adecuada para el paciente y se deja que actúe durante 20 minutos en reposo antes de reiniciar la prueba. En los individuos que presenten efectos secundarios con la administración de este fármaco se propone como alternativa el anticolinérgico bromuro de ipatropio en dosis de 160 μg .^{8,30,31,32}

En maniobras con obstrucción se considera respuesta al broncodilatador un incremento de 12 % o 200 mL respecto a VEF_1 , lo que se llama reversibilidad. Se debe tener en cuenta que la prueba puede alcanzar valores normales o continuar con algún grado de obstrucción pese a esta intervención, lo que debe registrarse en el reporte (figura 5).

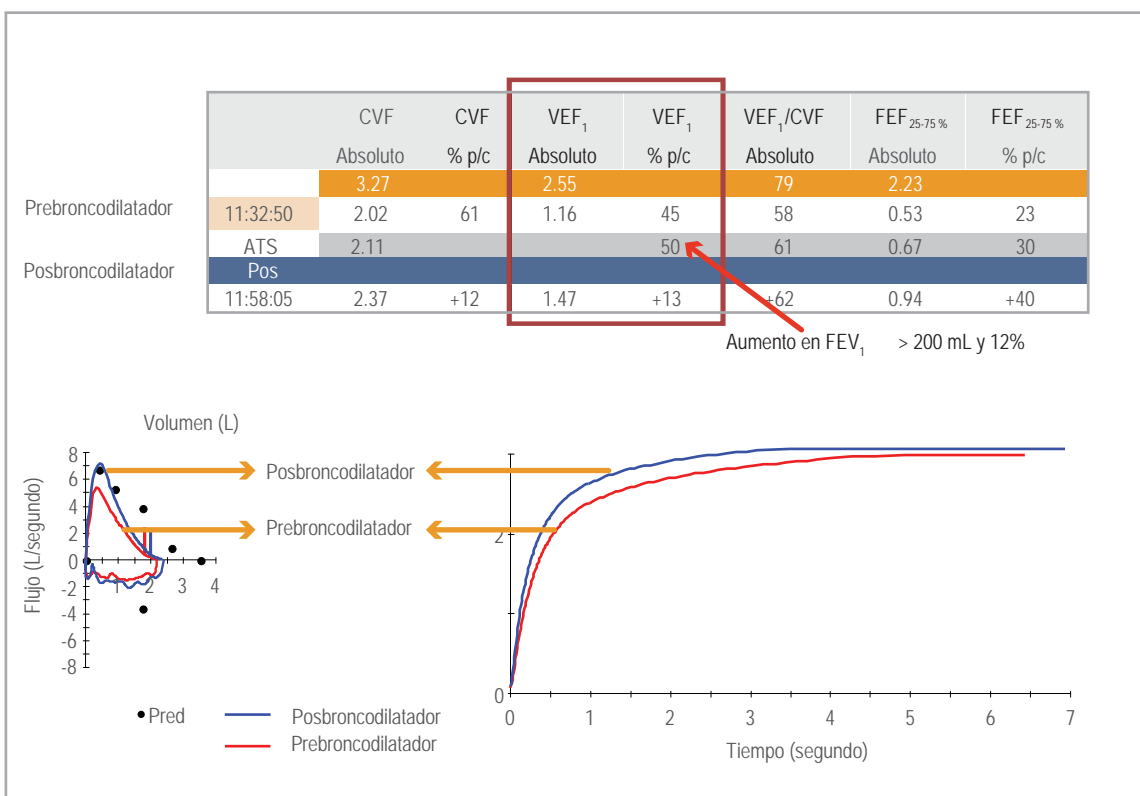


Figura 5. Se observa respuesta al broncodilatador en curva flujo-volumen y volumen tiempo. CVF = capacidad vital forzada, VEF_1 = volumen espiratorio forzado en el primer segundo, $FEF_{25-75\%}$ = flujo espiratorio forzado 25-75 %.

Referencias

1. Caussade S. Medición de volúmenes pulmonares dinámicos: una breve reseña histórica. *Neumol Pediatr.* 2012;7(2):84-86. Disponible en: <http://www.neumologia-pediatrica.cl/wp-content/uploads/2017/06/medicion-vol-1.pdf>
2. American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152(3):1107-1136. DOI: 10.1164/ajrccm.152.3.7663792
3. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-338. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805
4. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades/Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. Guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría. Centro para el control y la prevención de las enfermedades. México: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional; 2007. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c_sp/pdfs/2004-154c.pdf
5. Jonhg F. Spirometers. *Breathe.* 2008;4(3):251-254.
6. Benítez-Pérez RE, Torre-Bouscoulet L, Vilca-Alá N, Del Río-Hidalgo RF, Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC, et al. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2016;75(2):173-190. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2016/nt162g.pdf>
7. Beltrán-Rodríguez OA. Diseño e implementación de un espirómetro. *Rev Tekhnê.* 2013;10(2):5-14. Disponible en: <http://editorial.udistrital.edu.co/contenido/c-778.pdf>
8. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz J, et al. Spirometry. *Arch Bronconeumol.* 2013;49(9):388-401. DOI: 10.1016/j.arbres.2013.04.001
9. Holgate T, Thomas M. Asma. En: O'Heir RE, Holgate ST, Sheikh A, editores. *Middleton. Alergología esencial.* España: Elsevier; 2017.
10. Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL, Townsend MC, Eschenbacher WL, Von-Essen SG, et al. Official American Thoracic Society technical standards: spirometry in the occupational setting. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189(8):984-994. DOI: 10.1164/rccm.201402-0337ST
11. National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Respiratory health. Spirometry procedures manual. EE: UU.: Centers for Disease Control and Prevention; 2008. Disponible en: https://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_07_08/spirometry.pdf
12. Smith LJ. The lower limit of normal versus a fixed ratio to assess airflow limitation: will the debate ever end? *Eur Respir J.* 2018;51(3):1800403. DOI: 10.1183/13993003.00403-2018
13. Jin JY, Huang TC, Cui W, Feng X, Shen HH. Should FEV₁/FEV₆ replace FEV₁/FVC ratio to detect airway obstruction? A metaanalysis. *Chest.* 2009;135(4):991-998. DOI: 10.1378/chest.08-0723
14. Vandevoorde J, Verbanck S, Schuermans D, Kartounian J, Vincken W. FEV₁/FEV₆ and FEV₆ as an alternative for FEV₁/FVC and FVC in the spirometric detection of airway obstruction and restriction. *Chest.* 2005;127(5):1560-1564. DOI: 10.1378/chest.127.5.1560
15. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005; 26: 153–161. DOI: 10.1183/09031936.05.00034505
16. Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. *Thorax.* 2010;66(8):714-723. DOI:10.1136/thx.2010.139881
17. Vázquez-García JC, Pérez-Padilla JR. Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico. México: Asociación Latinoamericana de Tórax; 2010.
18. Vázquez-García JC, Pérez-Padilla JR. Interpretación de la espirometría en 10 pasos. México: Asociación Latinoamericana de Tórax; 2008.
19. Romero de Ávila-Cabezón G, González-Rey J, Rodríguez-Estévez C, Timiraos-Carrasco CR, Molina-Blanco MA, Galego-Riádigos I, et al. Las 4 reglas de la espirometría. *Cad Aten Primaria.* 2013;20:7-50. Disponible en: <https://www.agamfec.com/wp/wp-content/uploads/2014/07/20-7-50-het.pdf>
20. Jat KR. Spirometry in children. *Prim Care Respir J.* 2013;22(2):221-229. DOI: 10.4104/pcrj.2013.00042
21. Torre-Bouscoulet L, Pérez-Padilla R; Grupo de Trabajo del Estudio PLATINO en México. Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México. *Salud*

- Publica Mex. 2006;48(6):466-473. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342006000600004
22. Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M, et al. Spirometric reference values in 5 large Latin American cities for subjects aged 40 years or over. *Arch Bronconeumol*. 2006;42(7):317-325. DOI: 10.1157/13090581
 23. Coates AL, Wong SL, Trembaly C, Hankinson JL. Reference equations for spirometry in the Canadian population. *Ann Am Thorac Soc*. 2016;13(6):833-841. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201508-569OC
 24. Naveiro-Rilola JC, García- García S, Flores-Zurutuzaa L, et al; Utilidad del límite inferior de normalidad de la espirometría en pacientes diagnosticados de EPOC. *Rev Calid Asist*. 2017;32(5):262-268. DOI: 10.1016/j.cali.2017.05.001
 25. Chung KS, Jung JY, Park MS, Kim YS, Kim SK, Chang J, et al. Cut-off value of FEV_1/FEV_6 as a surrogate for FEV_1/FVC for detecting airway obstruction in a Korean population. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:1957-1963. DOI: 10.2147/COPD.S113568.
 26. Kanchongkittiphon W, Gaffin JM, Kopel L, Petty CR, Bollinger ME, Miller RL, et al. Association of $FEF_{25\%-75\%}$ and bronchodilator reversibility with asthma control and asthma morbidity in inner city children with asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2016;117(1):97-99. DOI: 10.1016/j.anai.2016.04.029
 27. Siroux V, Boudier A, Dolgopolooff M, Chanoine S, Bousquet J, Gormand F, et al. Forced midexpiratory flow between 25 % and 75 % of forced vital capacity is associated with long-term persistence of asthma and poor asthma outcomes. *J Allergy Clin Immunol*. 2016;137(6):1709-1716. DOI: 10.1016/j.jaci.2015.10.029
 28. Hnizdo E, Sircar K, Tieliang Y, Harber P, Fleming J, Glindmeyer HW. Limits of longitudinal decline for the interpretation of annual changes in FEV1 in individuals. *Occup Environ Med*. 2007;64(10):701-707. DOI: 10.1136/oem.2006.031146
 29. Hankinson JL, Wagner GR. Medical screening using periodic spirometry for detection of chronic lung disease. *Occup Med*. 1993;8(2):353-361.
 30. Pérez-Padilla R, Regalado-Pineda J, Rojas M, Catalán M, Mendoza L, Rojas R, et al. Spirometric function in children of Mexico City compared to Mexican-American children. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35(3):177-183. DOI: 10.1002/ppul.10232
 31. Manríquez J, Díaz O, Mendoza L, Borzone G, Lisboa C. Reversibilidad espirométrica en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica: ¿debe emplearse 200 ó 400 µg de salbutamol? *Rev Chil Enfer Resp*. 2006;22(3):168-175. DOI: 10.4067/S0717-73482006000300004
 32. Anadi S, Tullu MS, Lahiri K. Evaluation of symptoms & spirometry in children treated for asthma. *Indian J Med Res*. 2016;144(1):124-127. DOI: 10.4103/0971-5916.193299