

Ajuste de varias ecuaciones de referencia espirométrica a una muestra poblacional en México

Luis Torre-Bouscoulet, MC,⁽¹⁾ Rogelio Pérez-Padilla, MC,⁽¹⁾
Grupo de trabajo del estudio PLATINO en México.⁽²⁾

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;48:466-473.

Resumen

Objetivos. Comparar y determinar las ecuaciones de referencia para espirometría que mejor ajustan a una muestra poblacional. **Material y métodos.** Se compararon los valores espirométricos de 225 sujetos sanos representativos de la población mayor de 40 años de la zona metropolitana de la Ciudad de México, con varias ecuaciones de referencia. El estudio se llevó a cabo entre junio y diciembre de 2003. **Resultados.** Las ecuaciones que mejor ajustaron para FEV₁ y FVC fueron NHANES III para mexicoestadounidenses y para euroestadounidenses, y la del estudio PLATINO. Los valores esperados por Knudson son menores que los observados, y los de Cruz Mérida son mayores. En el análisis del límite inferior de la normalidad, PLATINO fue el más cercano a 5% en el percentil 5. **Conclusiones.** Mientras se obtienen valores de referencia con una muestra poblacional que cubra un mayor intervalo de edades, las ecuaciones que se recomiendan son NHANES III para mexicoestadounidenses o euroestadounidenses, así como la de PLATINO.

Palabras clave: espirometría; valores de referencia; estudio PLATINO; México

Torre-Bouscoulet L, Pérez-Padilla R,
Grupo de trabajo del estudio PLATINO en México.
Adjustment of several spirometric reference
equations to a population-based sample in Mexico.
Salud Publica Mex 2006;48:466-473.

Abstract

Objective. To compare several forced spirometry reference equations used in Mexico in order to know which of them have a better fit to a population-based sample. **Material and Methods.** Spirometric values of 225 healthy subjects 40 years of age or older from Metropolitan area of Mexico City, were compared to several reference equations. The sample is population-based and it was done from June to December 2003. The difference between observed and expected values was calculated. A concordance analysis between both observed and expected values was done and the percentage of subjects under normality lower limit was obtained. **Results.** The equations with better fit for FEV₁ and FVC were: NHANES III for Mexican-Americans and Euro-Americans; and from PLATINO. Predicted values according to Knudson were lower, and those from Cruz-Mérida, larger than observed values. Percentage of subjects below lower limit of normal was closest to 5% in the reference values from PLATINO. **Conclusions.** We recommend the use of reference values from the study NHANES III (for Mexican-Americans or European-Americans) and PLATINO.

Key words: spirometry; references values; PLATINO study; Mexico

(1) Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. México, DF.

(2) Grupo de trabajo del estudio PLATINO en México, formado por Juan Carlos Vázquez-García, Francisco Franco-Marina, Elisa Sánchez-Gallén, Alexander Corcho-Verdugo, Susana Abigail Guzmán-Barragán, Diana Torres-Ramos y Rocio Hernández-Valdéz.

Fecha de recibido: 9 de marzo de 2006 • Fecha de aprobado: 13 de julio de 2006

Solicitud de sobretiros: Dr. Luis Torre Bouscoulet. Clínica de Trastornos Respiratorios del Dormir. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. Tlalpan 4502, Col. Sección XVI. 14080 Delegación Tlalpan, México, DF, México.
Correo electrónico: luistorreb2001@yahoo.com.mx

La espirometría es un estudio simple y reproducible que permite efectuar la mejor evaluación funcional cuantitativa de las características mecánicas de la respiración. Es un estudio sin riesgo que puede repetirse, lo cual permite hacer el seguimiento del paciente y de los tratamientos instituidos.

Los valores de referencia son indispensables para realizar una correcta interpretación de la espirometría, en particular cuando se carece de pruebas repetidas en el mismo sujeto. Se conocen varios factores que de manera sistemática modifican la función mecánica pulmonar, en especial, la espirométrica; de los cuales los más importantes son talla, edad, género y raza.¹ Factores debidos al equipo utilizado y a los procedimientos para realizar la espirometría también modifican los resultados.¹ Seleccionar la población que ha de generar los valores de referencia es importante y puede provenir de un grupo especial aunque, en términos generales, es preferible una muestra con representación poblacional. Por tal motivo, existen recomendaciones para seleccionar valores de referencia apropiados para la población que se estudia, en ausencia de valores de referencia provenientes de la misma población.² Se han publicado múltiples ecuaciones de referencia espirométrica, que varían en el muestreo, en la población estudiada (etnicidad, distribución de edades), y que para sujetos de edad y raza similares generan estimaciones que pueden diferir en forma sustancial, y de esa manera causan errores de interpretación.^{2,3} En México también se utilizan varias ecuaciones de referencia, la mayoría incorporadas a los microprocesadores de los espirómetros, pero es raro que provengan de población mexicana.⁴⁻¹² La gran cantidad de ecuaciones de referencia existente requiere que se comparen para determinar si se está frente a una sobreestimación o subestimación de los valores medidos, según la ecuación que se utilice. Por tal motivo, en el presente trabajo se comparan los valores predichos por varias ecuaciones de referencia con el valor medido durante la espirometría en una muestra representativa de adultos mayores de 40 años de la Ciudad de México.

Material y métodos

Los datos informados provienen del estudio PLATINO, cuyos métodos y resultados principales ya fueron publicados.^{13,14} El estudio PLATINO tuvo como fin evaluar la prevalencia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) en cinco ciudades de Latinoamérica (Caracas, Ciudad de México, Santiago, San Pablo y Montevideo) e incluyó un total de 5 315 sujetos. Los Comités de Ciencia y Bioética institucional de

cada una de las ciudades participantes aprobaron el estudio y todos los integrantes firmaron una carta de consentimiento informado.

El diseño muestral fue por conglomerados y semejante en las cinco ciudades. La inclusión de alrededor de mil sujetos por ciudad permite contar con suficiente precisión para una prevalencia de hasta 20%, con margen de error de 3% y un efecto del diseño de 1.5. Para incluir mil sujetos por ciudad se consideró que debía invitarse a participar a 1 250 sujetos ante la posibilidad de que algunos se rehusaran. Se seleccionaron en forma aleatoria 68 áreas geoestadísticas básicas (AGEB) de cada área metropolitana de las ciudades incluidas (o su similar en los otros países). Se levantó un censo de casas habitación, y del listado se seleccionaron 20 casas al azar, con la expectativa de que al hacerlo se incluyera a un sujeto mayor de 40 años en cada casa seleccionada. De manera tentativa, lo anterior permitiría incluir 1 360 sujetos en cada ciudad. La edad (mayores de 40 años) fue un factor que se consideró desde un principio en el diseño muestral, ya que la EPOC afecta sobre todo a este grupo de edad. La muestra final fue de 5 315 sujetos que se distribuyeron de la siguiente manera: San Pablo, 963 sujetos; Santiago, 1 173 sujetos; Ciudad de México, 1 000 sujetos; Montevideo, 885 sujetos; Caracas, 1 294 sujetos). De los 5 315 participantes, todos mayores de 40 años (entre 40 y 90 años), 906 (17%) fueron utilizados para la generación de valores de referencia (San Pablo, 17; Santiago, 102; Ciudad de México, 225; Montevideo, 156; Caracas, 245) y se incluyeron debido a que nunca habían fumado, no tenían síntomas respiratorios (sin tos, flemas, sibilancias o disnea) ni tampoco alguna enfermedad pulmonar diagnosticada (EPOC, asma, bronquitis crónica, enfisema, cirugía pulmonar previa, tuberculosis y cáncer pulmonar) u obesidad. Las espirometrías que se llevaron a cabo en el estudio PLATINO fueron realizadas por personal que fue capacitado en el curso de control de calidad de la maniobra espirométrica avalado por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) y además por pruebas realizadas en estudios piloto en cada ciudad. A cada participante se le realizaron dos espirometrías, una basal y la otra 15 minutos después de administrarle 200 microgramos de salbutamol en aerosol aplicado con un espaciador. Los sujetos estuvieron sentados y con pinzas nasales. Se utilizó un espirómetro con tecnología ultrasónica (Easy One de NDD Technopark Zurich, Suiza) que reúne las recomendaciones de control de calidad de la Sociedad Americana del Tórax (American Thoracic Society, ATS)¹ y la calibración se verificó en forma diaria con una jeringa de tres litros. Se siguieron los procedimientos recomendados por la ATS,¹ salvo que se

permitió realizar más de ocho maniobras con tal de obtener mediciones reproducibles hasta un máximo de 15. El espirómetro incluye mensajes tendientes a mejorar la calidad de las nuevas maniobras y detecta en forma automática el final de la espiración cuando se cumplen los criterios de la ATS. Para el presente informe, se incluyeron los valores de talla, edad y género de los 225 sujetos (67 varones, 158 mujeres) incluidos en el estudio PLATINO para la Ciudad de México, que se consideraron sanos desde el punto de vista respiratorio y que contribuyeron a la generación de los valores de referencia de este estudio (cinco ciudades de Latinoamérica). Los valores observados de FEV₁ y FVC de estos 225 sujetos se compararon con los valores de referencia utilizados de manera habitual en México. Los valores esperados de FEV₁ y FVC (predichos por cada ecuación) se restaron de los valores observados en la espirometría realizada a cada paciente para obtener la diferencia o "error". Se obtuvo la media y la dispersión (el error estándar) de estas diferencias para cada ecuación, para FEV₁ y FVC y para cada género. Mientras menor es la diferencia entre el valor observado y el esperado, mejor es el ajuste de la ecuación. Las ecuaciones cuya diferencia entre el valor observado y el esperado es cercana a cero predicen con mayor exactitud los valores observados. Se consideró buen ajuste cuando dicha diferencia fue menor de 100 mililitros. Para analizar la diferencia estadística entre el valor medido y el valor esperado de FEV₁ y FVC se realizó una prueba t para muestras relacionadas. También se obtuvieron los valores como porcentaje del esperado o predicho (FEV₁ y FVC) para cada ecuación y por género, y se graficaron en función de la edad y la talla. Lo anterior se hizo con el fin de valorar si el ajuste es homogéneo en diferentes edades y tallas tanto para varones como para mujeres. Es posible que la diferencia promedio fuera de cero, pero que el valor expresado como porcentaje del predicho tuviera una asociación con talla o edad, lo que representaría un inconveniente ya que en algunas edades o tallas se generarían diferencias significativas entre el valor esperado y el observado. Para este análisis sólo se consideraron las edades para las que originalmente se describieron las ecuaciones con el fin de no introducir errores por extrapolación. El suavizado de las curvas se realizó a través de la técnica LOWESS (locally weighted scatterplot smoothing).

También se determinó el número de sujetos que quedó por debajo del percentil 5 de acuerdo con cada ecuación de referencia, lo que partió de considerar que, si el ajuste es adecuado, alrededor de 5% de la muestra debería considerarse anormalmente bajo. Por lo tanto, porcentajes mayores o menores de 5% eviden-

cian un ajuste inadecuado. Para concluir, se realizó un análisis de concordancia calculando el coeficiente de correlación intraclase entre el valor esperado por cada ecuación y se comparó contra el valor observado durante la espirometría. Las ecuaciones que se compararon fueron las generadas en una muestra poblacional de Estados Unidos, realizadas en el estudio NHANES III⁴ que incluye ecuaciones para la población mexicano-estadounidense (NHANES MA), euroestadounidense (NHANES EA) y afroestadounidense, así como los valores publicados por Knudson y colaboradores, Crapo y colaboradores en estadounidenses,^{5,6} Quanjer y colaboradores y Roca y colaboradores en europeos,^{7,9} Enright y colaboradores en ancianos estadounidenses,¹⁰ Cruz-Mérida y colaboradores y Pérez Padilla y colaboradores en población mexicana,^{11,12} y la ecuación generada de las cinco ciudades latinoamericanas del estudio PLATINO.*

Se utilizó el paquete estadístico STATA (v. 9.1) para el análisis estadístico y para generar las gráficas.† Se consideró como significativa una $p < 0.05$.

Resultados

Los 225 sujetos incluidos en la generación de los valores de referencia para la Ciudad de México en el estudio PLATINO (67 varones y 158 mujeres) fueron considerados como sujetos "sanos" ya que se encontraron asintomáticos, sin obesidad (índice de masa corporal promedio de 26.2 ± 2.5 kg/m² en varones y de 25.8 ± 2.85 en mujeres), sin enfermedad pulmonar diagnosticada y sin antecedentes de tabaquismo. Todos fueron mayores de 40 años con una edad promedio de 54.5 ± 12.1 en los varones y de 55.6 ± 11.2 en las mujeres. El error del valor esperado por cada ecuación (diferencia entre el esperado y el encontrado) varió de manera considerable con las ecuaciones analizadas (figura 1). Es de notar que los valores de Knudson y colaboradores están demasiado bajos de manera consistente para la población (la ecuación predice un valor menor que el observado), mientras que los de Cruz Mérida y colaboradores están demasiado altos (la ecuación predice un valor mayor al observado). Las ecuaciones provenientes del estudio NHANES III para mexicanoestadounidenses y para euroestadounidenses, así como las de PLATINO, son las que en forma con-

* Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M *et al.* Valores de referencia espirométrica en cinco grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad. Arch Bronconeumol 2006. Documento no publicado.

† StataCorp, STATATM version 9.1, Stata Co, Texas, EUA.

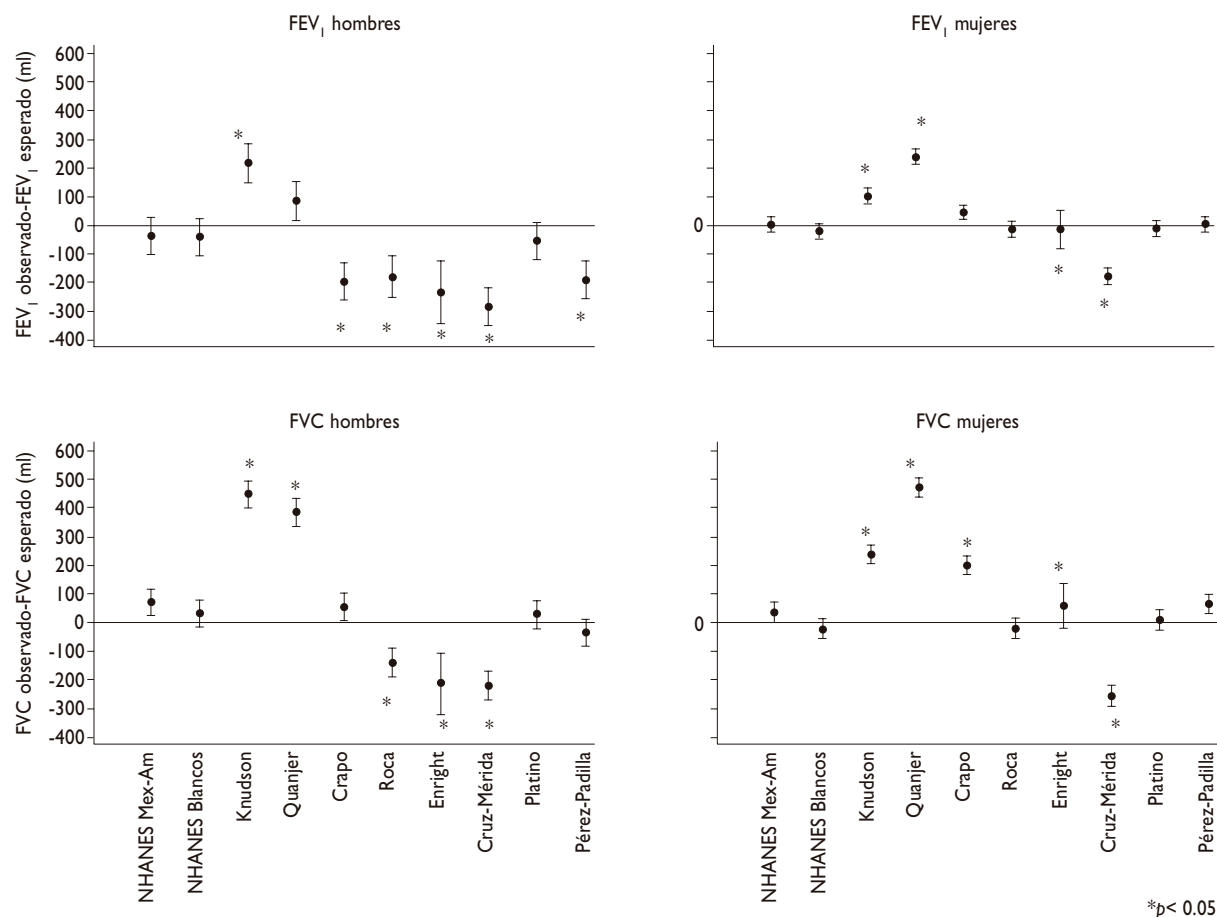


FIGURA 1. MEDIA Y ERROR ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA ENTRE EL VALOR OBSERVADO Y EL ESPERADO PARA FEV₁ Y FVC PARA CADA ECUACIÓN Y POR GÉNERO. EL AJUSTE IDEAL DE UNA ECUACIÓN TENDRÍA NULA DIFERENCIA ENTRE EL OBSERVADO Y EL ESPERADO. (*p < 0.05 PRUEBA T ENTRE EL VALOR MEDIDO Y EL ESPERADO)

sistente mostraron una diferencia promedio menor de 100 ml para FEV₁ y FVC tanto en varones como en mujeres. El coeficiente de correlación intraclase entre los valores esperados y observados también varió en forma considerable, entre 0.71 y 0.80 para los valores de FEV₁ y de 0.70 a 0.80 para los de FVC (cuadro I). Los coeficientes de correlación intraclase se obtuvieron considerando el rango de edad para el que se generó cada una de las ecuaciones. Para FEV₁, las ecuaciones con mayor concordancia fueron NHANES III para MA, NHANES III para EA y Crapo y colaboradores, mientras que para FVC fueron NHANES MA, NHANES EA y PLATINO. En el cuadro II se muestra el número y proporción de sujetos por abajo del límite inferior de la normalidad para cada ecuación. El porcentaje de la muestra que se clasificó como anormalmente bajo para FVC (con valores por debajo del percentil 5) osciló entre 0 y 34%. Para FEV₁ este porcentaje osciló entre 0.6 y

43.2%. Los porcentajes más altos correspondieron a la ecuación de Cruz-Mérida y colaboradores. Varias de las ecuaciones tienen una asociación residual con talla o edad, es decir, la bondad del ajuste cambia con la magnitud de la talla o edad, como puede observarse en las figuras 2 y 3. En esta gráfica, el valor de referencia ideal aparecería como una línea horizontal sobre el 100%. Varias ecuaciones se encuentran cercanas al 100% pero generan líneas con pendientes demostrativas de que el ajuste cambia de acuerdo con la edad o talla del enfermo.

Discusión

Como se demuestra en otros estudios,⁸ los valores de referencia más comunes o disponibles en México presentan grandes variaciones en su ajuste a una muestra poblacional. Estas variaciones generan errores en la in-

Cuadro I
CONCORDANCIA ENTRE EL VALOR OBSERVADO DE FEV₁ Y FVC, Y EL ESPERADO
POR CADA UNA DE LAS ECUACIONES. LA MUESTRA POBLACIONAL PROVIENE DEL ÁREA METROPOLITANA
DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SE REALIZÓ ENTRE JUNIO Y DICIEMBRE DE 2003.

Ecuación	FEV ₁ CCI±EE	FEV ₁ Media y DE de las diferencias (ml)	FVC CCI ± EE diferencias (ml)	FVC Media y DE de las diferencias (ml)
NHANES MA (< 85 años)	0.80 ± 0.02	-4 ± 399	0.80 ± 0.02	32 ± 495
NHANES EA (< 85 años)	0.80 ± 0.02	-23 ± 397	0.80 ± 0.02	-20 ± 495
Knudson (< 80 años)	0.74 ± 0.02	136 ± 404	0.72 ± 0.02	278 ± 501
Quanjer (< 80 años)	0.76 ± 0.02	195 ± 410	0.70 ± 0.02	425 ± 503
Crapo (< 84 años)	0.80 ± 0.02	-25 ± 413	0.79 ± 0.02	133 ± 511
Enright (65-85 años)	0.71 ± 0.07	-60 ± 378	0.79 ± 0.05	-22 ± 467
Cruz-Mérida (< 64 años)	0.71 ± 0.03	-183 ± 412	0.73 ± 0.03	-208 ± 512
PLATINO (40-90 años)	0.79 ± 0.02	-24 ± 397	0.80 ± 0.02	-9 ± 502
Pérez-Padilla (22-75 años)	0.79 ± 0.02	-44 ± 406	0.79 ± 0.02	27 ± 509

Se muestra el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y el error estándar (EE). La media de las diferencias se obtuvo restando el valor predicho del valor medido y expresado en mililitros. Todas las probabilidades son < 0.001 y se consideró el rango de edad para el cual se generó cada una de las ecuaciones NHANES MA= del estudio norteamericano NHANES III para población mexicoestadounidense, NHANES EA= del estudio norteamericano NHANES III para población euroestadounidense

interpretación que pueden tener consecuencias importantes desde el punto de vista clínico o laboral. En este trabajo, el grupo de comparación, que se conformó por 225 sujetos, es relevante pues proviene de una muestra representativa de los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de México, estudiados con equipo de alta calidad, mediante procedimientos que se recomiendan y estandarizan en el ámbito internacional, con un estricto control de calidad.¹³ Se observó una variedad de problemas de ajuste en las ecuaciones estudiadas. Por un lado, se encontraron ecuaciones con sesgos importantes positivos y negativos, esto es, con desviaciones sistemáticas que predicen valores demasiado altos o bajos. La consecuencia es la generación de errores diagnósticos falsos positivos o negativos. También se encontraron errores más sutiles en la predicción, es decir, errores que afectan predominantemente a algún grupo de la muestra: errores predominantes en uno de los géneros, en algún valor espirométrico pero no en el otro, o errores que cambian con la talla o la edad. En estas circunstancias los errores de clasificación son más selectivos. Éstos se generan con frecuencia si la población de origen de la ecuación difiere en talla o edad de la población donde se va a aplicar la ecuación. Al analizar las diferencias entre el valor observado menos el valor esperado por cada ecuación se puede determinar si la ecuación tiene buen ajuste o, por el contrario, predice un valor mayor o menor al observado. Se acepta como un buen ajuste cuando la diferencia resulta menor de 100 ml tanto en FEV₁ como en FVC. Las ecuaciones que mejor ajustan para FEV₁ y FVC, tanto en

Cuadro II
NÚMERO Y PROPORCIÓN DE SUJETOS
QUE SE ENCUENTRAN POR ABAJO DEL VALOR QUE
REPRESENTA EL PERCENTIL 5. LA MUESTRA POBLACIONAL
PROVIENE DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE
MÉXICO Y SE REALIZÓ ENTRE JUNIO Y DICIEMBRE DE 2003

	FEV ₁ varones	FEV ₁ mujeres	FVC varones	FVC mujeres
NHANES MA	8(11.9%)	11 (6.9%)	10(14.9%)	14(8.8%)
NHANES EA	1(1.4%)	1(0.6%)	0	0
Knudson	1(1.5%)	2(1.3%)	0	0
Quanjer	3(4.7%)	1 (0.6%)	0	0
Crapo	9(13.6%)	9(5.7%)	0	0
Roca	9(15.7%)	8(5.6%)	0	0
Enright	2(15.3%)	6(17.6%)	0	1(2.9%)
Cruz-Mérida	29(43.2%)	37(23.4%)	23(34.3%)	43(27.2%)
PLATINO	4 (5.9%)	8 (5.0%)	6 (8.9%)	6(3.8%)
Pérez-Padilla	9(14.2%)	7 (4.6%)	9(14.2%)	6(4.0%)

FEV₁= volumen espiratorio forzado al primer segundo, FVC= capacidad vital forzada, NHANES MA= del estudio norteamericano NHANES III para población mexicoestadounidense, NHANES EA= del estudio norteamericano NHANES III para población euroestadounidense

varones como en mujeres, son las provenientes del estudio NHANES III para mexico-estadounidenses y euroestadounidenses y la del estudio PLATINO. El resto de las ecuaciones difiere en su ajuste de acuerdo

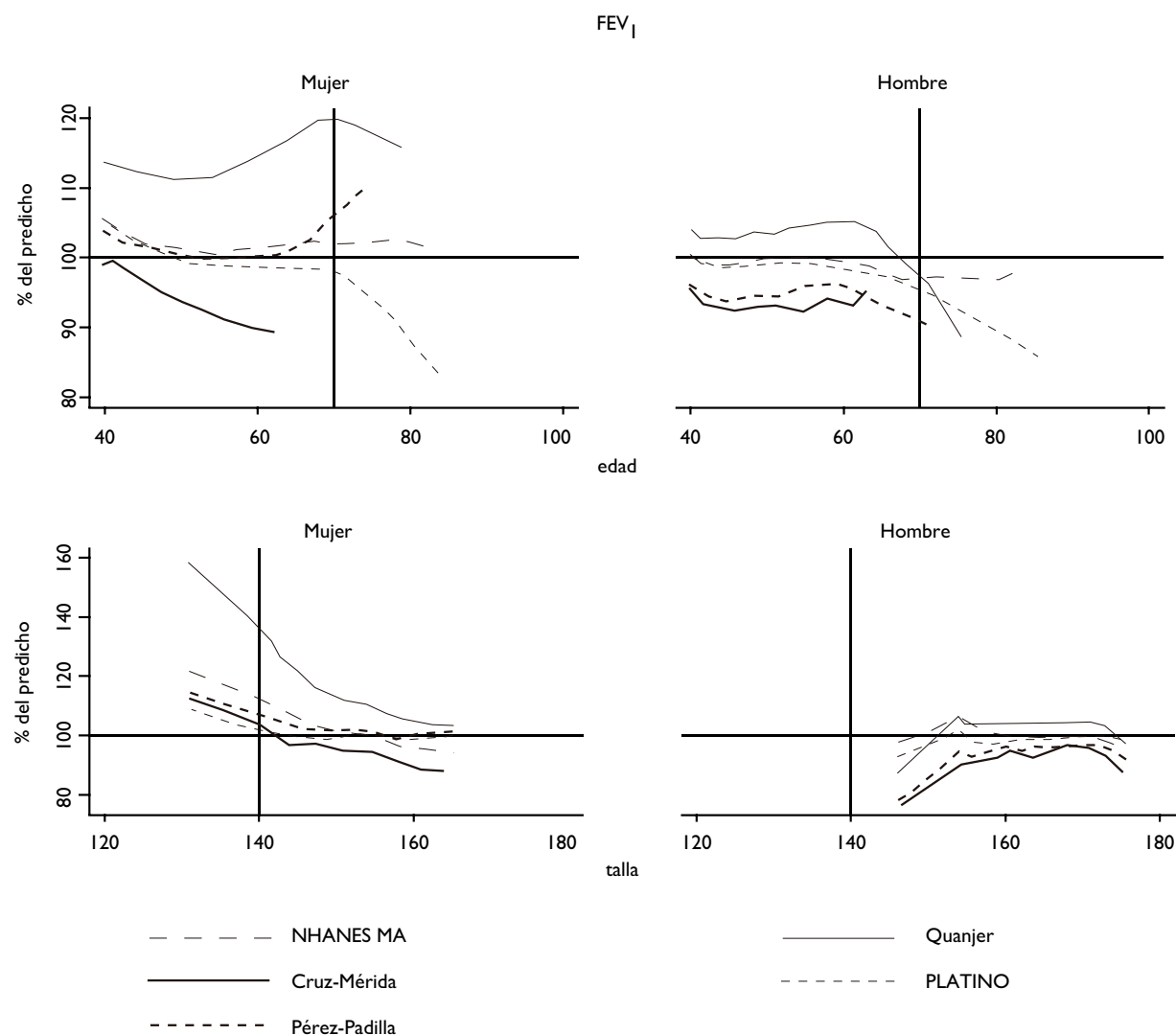


FIGURA 2. VALORES ESPIROMÉTRICOS COMO PORCENTAJE DEL ESPERADO PARA FEV₁ PARA CUATRO ECUACIONES SEPARADAS POR GÉNERO Y EN FUNCIÓN DE LA EDAD. EN EL CASO DE LA EDAD, SE HACE UNA MARCA EN 70 AÑOS, YA QUE LA MUESTRA ES MUY PEQUEÑA PARA EDADES MAYORES (16 MUJERES Y 10 VARONES). EN EL CASO DE LA TALLA, SE HACE UNA MARCA EN 140 CM YA QUE, DE IGUAL MANERA, LA MUESTRA ES PEQUEÑA EN TALLAS MENORES (6 MUJERES)

con la variable espirométrica (FEV₁ o FVC) y el género. La ecuación de Cruz-Mérida y colaboradores consistentemente sobrestima el valor observado (predice más de lo que se mide), lo cual tiende a clasificar muchas personas sanas como anormales (falsos positivos). Por el contrario, Knudson y colaboradores subestima el valor observado (predice menos de los que se mide) tanto para FEV₁ y FVC en mujeres y varones, lo cual, de igual manera, tiene implicaciones clínicas y laborales. Cuando la ecuación predice un valor demasiado

bajo, entonces en realidad se está sobrestimando la función pulmonar del paciente si se expresa como porcentaje del esperado; de tal manera que puede catalogarse por error como "sano" a un paciente con función pulmonar baja. Ocurre lo inverso cuando la ecuación predice un valor menor al observado (Cruz-Mérida y col.)¹¹ y por lo tanto, subestima la función pulmonar, de tal manera que un sujeto "sano" puede clasificarse por error como "enfermo". Lo anterior se ejemplifica en las figuras 2 y 3, en donde se puede observar que

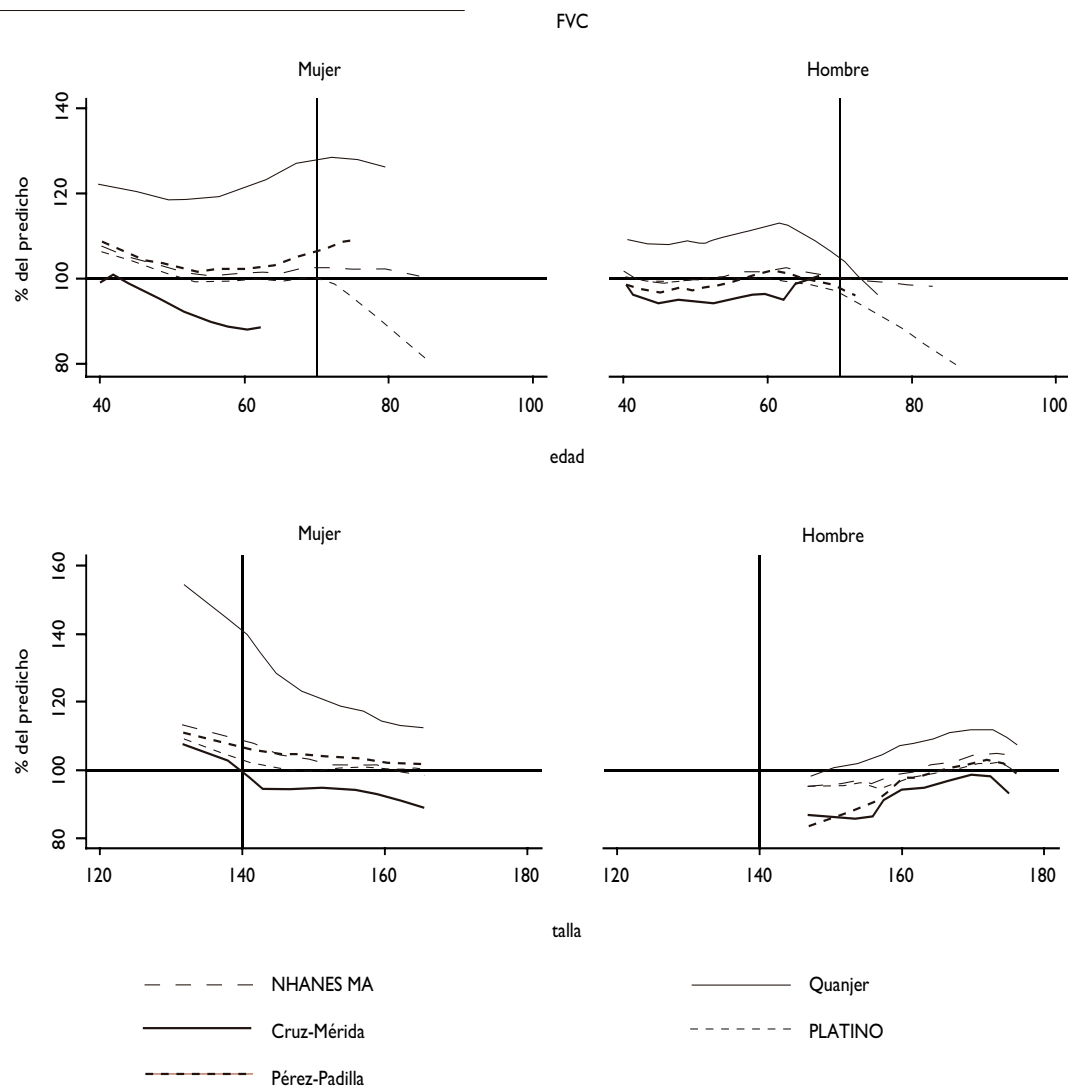


FIGURA 3. VALORES COMO PORCENTAJE DEL ESPERADO PARA FVC PARA CUATRO ECUACIONES EN FUNCIÓN DE LA EDAD Y POR GÉNERO. EN EL CASO DE LA EDAD, SE HACE UNA MARCA EN 70 AÑOS YA QUE LA MUESTRA ES MUY PEQUEÑA PARA EDADES MAYORES (16 MUJERES Y 10 VARONES). EN EL CASO DE LA TALLA, SE HACE UNA MARCA EN 140 CM YA QUE, DE IGUAL MANERA, LA MUESTRA ES PEQUEÑA EN TALLAS MENORES (6 MUJERES)

algunas ecuaciones sobrestiman o subestiman la función pulmonar. En estas figuras se colocó una marca sobre la edad de 70 años, ya que por arriba de la misma la muestra es pequeña y ello podría afectar el ajuste de la ecuación, al igual que se marcó la talla de 140 cm por el pequeño tamaño de la muestra para las tallas menores. Los coeficientes de correlación intraclass que se muestran en la sección de resultados representan otra manera de analizar el ajuste (concordancia) entre los valores observados y los que se espe-

ran. Las ecuaciones estadounidenses NHANES III para mexicoestadounidenses y euroestadounidenses, Crapo y colaboradores y PLATINO, son las que mostraron mejor concordancia con el valor observado tanto en FEV1 como en FVC.

Una de las limitantes de este estudio consiste en que la muestra poblacional de sujetos sanos respiratorios es relativamente pequeña ($n=225$) y que son sujetos mayores de 40 años. El máximo funcional se obtiene en los años 20 y se forma una meseta por unos cuantos

años antes de iniciar el declive o envejecimiento pulmonar.⁴ Por lo tanto, no es posible valorar la aplicabilidad de las ecuaciones en esas importantes edades. Por otro lado, la mayor parte de los enfermos adultos con EPOC y otras enfermedades respiratorias crónicas tiene más de 40 años de edad.¹⁵ Tampoco se puede descartar que alguna de las ecuaciones mencionadas funcione en forma adecuada en una población muy seleccionada, como podría ser, por ejemplo, la misma de Cruz-Mérida en trabajadores asalariados e inscritos en el Instituto Mexicano del Seguro Social. Se concluye que las ecuaciones NHANES III para mexicoestadounidenses y euroestadounidenses, así como la de estudio PLATINO son las que mejor predicen el valor observado de FEV1 y FVC en población abierta y por tanto son las que se recomiendan en la evaluación funcional, tanto en el contexto clínico como laboral.

Se requiere tener precauciones con el uso de varias ecuaciones en la población general: la ecuación de Knudson y colaboradores y la de Quanjer y colaboradores predicen valores muy bajos y, por consecuencia sobrestiman la función pulmonar cuando se expresa como porcentaje del esperado (genera falsos negativos, sujetos con pérdida de función pulmonar que aparecen normales). Por otro lado, la de Cruz-Mérida y colaboradores predice valores espirométricos muy altos, por lo que se subestima la función pulmonar expresada como porcentaje del esperado y con ello genera falsos positivos, sujetos sanos que se consideran anormales. Lo anterior también se confirmó al analizar el límite inferior de la normalidad (cuadro II). Las razones para el ajuste inapropiado son variadas y en ocasiones poco claras. Los equipos fueron diferentes en los estudios realizados: en el de Pérez-Padilla y colaboradores y NHANES III se utilizaron espirómetros de volumen de sello en seco, mientras que en el de Cruz-Mérida y colaboradores se utilizó uno basado en neumotacografía. Por otro lado, salvo el estudio de NHANES III y PLATINO, ninguno se basa en muestras poblacionales; sin embargo, interesa hacer notar que la población mexicoestadounidense no difiere significativamente de la estudiada en la ciudad de México. El estudio de Pérez-Padilla y colaboradores sobreestima un poco los valores en varones, pero se trató de una muestra de trabajadores que demandaban incapacidad, lo que sugiere que el grupo tenía en realidad una salud mejor que la población general (efecto de trabajador sano). En el estudio de Cruz-Mérida y colaboradores se utilizó una definición de "normalidad" mucho más estricta que la que suele recomen-

darse, por lo que quedaron sujetos con una función considerablemente mejor que la población general. Pudiera ser también que se haya incorporado al grupo un buen número de trabajadores en activo, lo que incrementa la función pulmonar, como sucedió en el estudio de Pérez-Padilla y colaboradores.

Con los resultados exhibidos es importante recomendar el uso de las mejores ecuaciones y considerar un estudio para generar los valores de referencia con una muestra poblacional más extensa.

Referencias

1. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1107-1136.
2. Crapo RO. The role of reference values in interpreting lung function tests. *Eur Respir J* 2004;24:341-342.
3. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:1202-1218.
4. Hankinson JL, Odencrantz JR, KB Fedan. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:179-187.
5. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-734.
6. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:659-664.
7. Quanjer PH. Standardized lung function testing. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983;19:1-95.
8. Roca J, Burgos F, Sunyer J, Saez M, Chinn S, Anto JM, et al. Reference values for forced spirometry. Group of the European Community Respiratory Health Survey. *Eur Respir J* 1998;11:1354-1362.
9. Roca J, Sanchis J, Agusti-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodriguez-Roisin R, et al. Spirometric reference values from a mediterranean population. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1986;22:217-224.
10. Enright PL, Adams AB, Boyle PJ, Sherrill DL. Spirometry and maximal respiratory pressure references from healthy Minnesota 65- to 85-year-old women and men. *Chest* 1995;108:663-669.
11. Cruz-Merida AJ, Soto-de la Fuente AE, Mendez-Vargas MM, Mendez-Ramirez I. Prediction equations for spirometric parameters in Mexican adult population. *Arch Med Res* 2004;35:446-449.
12. Perez-Padilla JR, Regalado-Pineda J, Vazquez-Garcia JC. Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales. *Salud Publica Mex* 2001;43:113-121.
13. Menezes AM, Victora CG, Perez-Padilla R. The Platino project: methodology of a multicenter prevalence survey of chronic obstructive pulmonary disease in major Latin American cities. *BMC Med Res Methodol* 2004;4:15.
14. Menezes AM, Perez-Padilla R, Jardim JR, Muino A, Lopez MV, Valdivia G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet* 2005;366(9500):1875-1881.
15. Barnes PJ. Chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2000;343(4):269-280.