



Vol. 72 • Núm. 2
Marzo-Abril • 2018
pp 90-97

Recibido: 03/01/2018
Aceptado: 28/02/2018

Artículo de investigación

Estandarización de la oscilometría de impulso y generación de ecuaciones piloto para generar valores de referencia en el Hospital Central Militar

Jessica Contreras-Morales,* Ana Bertha Salazar Soriano,†
Juan Carlos Chagoya-Bello,§ Dulce Arias-Jiménez,|| Mónica Silva-Cerón¶

* Mayor Médica Cirujana, residente de la Especialidad de Neumología, Escuela Militar de Graduados de Sanidad.

† Gral. Brig. M.C. Jefe del Servicio de Cardioneumología del Hospital Central Militar.

§ Mayor Médico Cirujano, Médico Neumólogo Broncoscopista, adscrito al Servicio de Neumología y Fisiología Respiratoria del Hospital Central Militar.

|| Médica Neumóloga, adscrita al Servicio de Neumología y Fisiología Respiratoria del Hospital Central Militar.

¶ Técnica en Fisioterapia Respiratoria, adscrita al Servicio de Neumología y Fisiología Respiratoria del Hospital Central Militar.

RESUMEN

Introducción: La oscilometría de impulso es una prueba que evalúa la mecánica respiratoria a través de la aplicación de pequeños pulsos de presión que producen oscilaciones de flujo a una frecuencia determinada. Su aplicación relevante es en el estudio de las enfermedades de la vía aérea pequeña. El *software* integrado al equipo que ejecuta esta prueba genera cálculos de valores predictivos para cada uno de los parámetros oscilométricos, los cuales se basan en datos de población alemana. **Objetivo:** Estandarizar la prueba de oscilometría de impulso y obtener ecuaciones piloto para valores de referencia. **Material y métodos:** Se realizó un estudio experimental, analítico, prospectivo y longitudinal con sujetos voluntarios sanos. Se llevaron a cabo pruebas de espirometría y oscilometría de impulso basales y, tras broncodilatador, se registraron las impedancias, resistencias y reactancias del sistema respiratorio a 5, 10, 15 y 20

Standardization of impulse oscillometry and the generation of pilot equations to generate reference values in the Central Military Hospital

ABSTRACT

Introduction: Impulse oscillometry is a test that evaluates the respiratory mechanics by the application of small pulses of pressure, which produce flow oscillations to a certain frequency. Its main application is in the study of the illnesses of the small airway. The integrated software of the test equipment generates predictive values for each of the oscillometric parameters, based on German population data. **Objective:** To standardize the impulse oscillometry test in order to design pilot equations for reference values in our population. **Material and methods:** We performed a pilot, experimental, analytical, longitudinal study with healthy volunteer subjects.

Abreviaturas:

ATS: Sociedad Americana del Tórax.

AX: Área de reactividad.

cm: Centímetros.

Cohe: Coherencia.

DE: Desviación estándar.

E: Elastancia.

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

ERS: Sociedad Europea del Tórax.

VEF1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

Fres: Frecuencia de resonancia.

FOT: Técnica de oscilometría forzada.

Hz: Hertz.

IOS: Sistema de oscilometría de impulso (en inglés, *Impulse Oscillometry System*).

I: Inertancia.

kPa: Kilopascales.

LSN: Límite superior de la normalidad.

PFR: Pruebas de función respiratoria.

R: Resistencia.

X: Reactancia.

Z: Impedancia.

Hz. Los resultados se analizaron por sexo, edad, talla y peso. Se de 127 participantes sanos ingresaron al estudio, 51.5% del sexo efectuó un modelo de regresión lineal múltiple. **Resultados:** Un total masculino (68) y 48.5% (64) del femenino, con edad promedio de 39.65 ± 15.26 años; la talla tuvo un promedio de 1.63 ± 0.09 m. Se demostró que el sexo influye en los valores de la oscilometría en el volumen corriente (VT), la impedancia, las resistencias y el área de reactancia ($p < 0.05$), y no afecta las reactancias (XRs) ($p > 0.05$); este parámetro está mayormente asociado a la talla ($r = 0.727$, $r^2 = 0.528$). La edad incide en los valores de la oscilometría, ya que las resistencias (Rrs) son menores en los grupos más jóvenes; el IMC y el peso no comprometieron los valores de IOS. **Conclusiones:** Este estudio proporciona ecuaciones piloto de referencia para los índices comunes de oscilometría de impulso en sujetos mexicanos. Así, integra una prueba de función pulmonar para facilitar la detección de alteraciones funcionales en vía aérea pequeña. Sugerimos realizar más trabajos en población mexicana, sobre todo de edad avanzada, para confirmar nuestros resultados y proporcionar una base más sólida a las ecuaciones de referencia para IOS, con un fin clínico y epidemiológico.

Palabras clave: Oscilometría de impulso, procedimiento, función pulmonar, resistencia, impedancia, reactancia, área de reactancia.

*Spirometry and impulse oscillometry tests were performed, both basal impedances, resistances, and reactances of the respiratory system to and after bronchodilator application; we measured and registered the 5, 10, 15, and 20 Hz. The results were analyzed by sex, age, height, and weight. The analysis was performed using a model of multiple linear retrogression. **Results:** A total of 127 healthy participants were recruited, 51.5% men (68) and 48.5% (64) women, with an average age of 39.65 ± 15.26 years; their height was an average of 1.63 ± 0.09 m. It was proved that the gender influences the oscillometry values of tidal volume (VT), the impedance, the resistances and reactance area ($p < 0.05$), but not the reactances (XRs) ($p > 0.05$); this parameter is mainly associated with the size ($r = 0.727$, $r^2 = 0.528$). The age influences the oscillometry values since the resistances (Rrs) are lower in the youngest groups; the BMI and the weight had no influence on the values of IOS. **Conclusions:** This study provides pilot reference equations for the common indexes of impulse oscillometry in Mexican subjects, in order to integrate this test of pulmonary function to facilitate the detection of functional alterations in the small airway. We suggest more studies should be done on Mexican population, and especially on people of advanced age, to confirm our results and to provide a more solid base for the equations of reference to IOS, with clinical and epidemiologic purposes.*

Key words: Impulse oscillometry system, procedure, pulmonary function test, resistance, impedance, reactance, reactance area.

Introducción

Las pruebas de función respiratoria (PFR) son de utilidad diagnóstica y pronóstico de diversas enfermedades respiratorias, permiten evaluar la respuesta a las intervenciones instituidas y vigilar la evolución funcional de los pacientes. Estas pruebas se pueden clasificar en aquéllas que evalúan la mecánica de la respiración, el intercambio gaseoso, el control de la respiración y la respuesta integrada al ejercicio.¹ Las PFR que valoran la mecánica respiratoria incluyen la espirometría, la pletismografía, la medición de presiones inspiratoria y espiratoria máximas, y la prueba de reto bronquial. La cooperación del sujeto es central para la buena realización de estas pruebas; es por ello que niños pequeños (usualmente menores de seis años) o adultos mayores encuentran más dificultad para realizarlas de forma apropiada.²

Definición de oscilometría de impulso

En 1956, Dubois y sus colaboradores³ describieron la técnica de oscilometría forzada (FOT) como una herramienta para medir la función pulmonar,

utilizando ondas de sonido de una sola frecuencia generadas por una bocina y enviadas al pulmón durante la respiración normal. El resultado fue la impedancia (Z), resistencia (R) reactancia (X) del sistema respiratorio, medidas sobre un rango de frecuencia (usualmente, de 3 a 35 Hz). El IOS es una prueba que evalúa la mecánica respiratoria a través de la aplicación de pequeños pulsos de presión (~ 1 cmH₂O) generados por una bocina, que producen oscilaciones de flujo a una frecuencia determinada que se superponen al patrón natural del flujo respiratorio. Los cambios resultantes son captados por un manómetro y un neumotacógrafo, lo que permite su análisis subsecuente.²

Las frecuencias de oscilación a las cuales se analizan los parámetros funcionales son 5, 10, 15, 20 y 25 Hz.

a. Los resultados que nos brinda la IOS son:

1. La *impedancia del sistema respiratorio* (Z) es la fuerza neta a vencer para mover el gas dentro y fuera del sistema respiratorio. Esta fuerza está compuesta por la *resistencia de la vía aérea* (R), la *elastancia del tórax y pulmón* (E) y la *internancia propia del gas y los tejidos* (I).⁴

2. Los componentes de la R incluyen tanto la *resistencia central* (proximal) y *periférica* (distal) de la vía aérea, como también *resistencias del tejido pulmonar* y la *pared del tórax*. La *reactancia del sistema respiratorio* (X) representa el componente reactivo de la impedancia respiratoria e incluye las fuerzas de las masas inerciales del movimiento de la columna de aire en las vías aéreas de conducción, denominada *inertancia*, así como propiedades elásticas del pulmón, lo que se llama *capacitancia*.⁴
3. La *frecuencia de resonancia* (Fres) es el punto en el cual las magnitudes de la reactancia capacitativa e inercial son iguales. Tiene un valor igual a cero a distintas frecuencias.⁵ La Fres en niños se registra a frecuencias normalmente más altas que en los adultos, cuyo valor normal varía entre 7 y 12 Hz. La Fres se encuentra siempre aumentada en trastornos tanto obstructivos como restrictivos.⁶
4. El *área de reactancia* (AX) corresponde al índice cuantitativo de la X respiratoria total en todas las frecuencias entre los 5 Hz y la Fres. Este índice integrativo refleja los grados de cambios de obstrucción en la vía aérea periférica y se correlaciona estrechamente con la frecuencia dependiente de la R, lo que permite evaluar en forma más sensible la respuesta broncodilatadora, así como los cambios que ocurren en tratamientos a largo plazo.⁷

El sistema de oscilometría de impulso (IOS) es útil en la evaluación de pacientes poco cooperadores en estudios dependientes de esfuerzo. Además, es particularmente relevante en la investigación de las enfermedades que afectan a la vía aérea pequeña, dado que no es posible evaluar esta región de la anatomía bronquial mediante la espirometría.²

Indicaciones:

1. Caracterización de anormalidades funcionales de enfermedades respiratorias crónicas (displasia broncopulmonar, fibrosis quística, asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica).⁸
2. Prueba diagnóstica, particularmente para identificar niños con asma y la respuesta bronquial a broncodilatador o broncoconstrictor.^{9,10}

3. Estudio de los mecanismos fisiológicos y la fisiopatología de enfermedades que involucran al sistema respiratorio.^{5,6,11}

En términos generales, no existen contraindicaciones para la realización del IOS. Es necesario que exista una respiración «tranquila» a volumen corriente. Por lo tanto, cualquier circunstancia que afecte el patrón respiratorio de base podría modificar la medición.²

Valores de la oscilometría de impulso a nivel mundial

Hay numerosas publicaciones que informan el mérito de usar IOS en múltiples frecuencias. Sin embargo, una de las limitaciones de FOT/IOS en un entorno clínico es la falta de ecuaciones predictivas definitivas, especialmente para adultos. Ha habido un número limitado de estudios (en población caucásica^{11,12} y asiática¹⁴) que evalúan las ecuaciones predictivas y su aplicación clínica, pero no hay trabajos publicados sobre ecuaciones predictivas para adultos hispanos.

En 1991-1992, Vogel y Smidt realizaron un muestreo de la población alemana, que consistió en 506 sujetos entre 18 y 69 años.¹¹

En el año 2005, en el Departamento de Rehabilitación y Geriátrica (División de Medicina Pulmonar) del Hospital Universitario de Ginebra, en Suiza, se determinaron los valores normales en sujetos mayores de 65 años utilizando FOT, respecto a los parámetros de resistencia respiratoria. Este estudio proporcionó los únicos valores de referencia disponibles para la evaluación de resistencia empleando la técnica FOT en sujetos ancianos.¹³

En Tokio también se generaron ecuaciones predictivas para IOS (R5, R20 y X5) con 166 japoneses adultos de 20 a 83 años de edad, no fumadores.¹⁴

Las ecuaciones predictivas australianas se produjeron en el año 2008, con una muestra de 125 sujetos sanos de 25 a 74 años de edad, y se compararon con los valores normales previstos para cada parámetro proporcionados por el fabricante del IOS, mismos que se determinaron en Alemania.¹⁵

El KORA (*Cooperative Health Research* en el distrito de Augsburgo, Alemania) fue un estudio observacional de cohorte realizado en población alemana (año 2013), donde se reclutaron 154 hombres y 243 mujeres con la finalidad de determinar los valores de predicción para el IOS entre adultos caucásicos con edad ≥ 45 años.¹²

En el 2013, se realizó una muestra aleatoria, estratificada por edad y sexo, de la población anciana de Bergen, Noruega. Esta se integró con sujetos sanos no fumadores ($n = 75$) para realizar mediciones del IOS. Este estudio facilitó valores de referencia y parámetros de la impedancia en ancianos asintomáticos mayores de 70 años.¹⁶

En el año 2014, se realizó en Polonia el primer estudio netamente clínico para la determinación de parámetros basales, que analizó el impacto de la utilización de la oscilometría de impulso en adultos y su contribución en la oportunidad del diagnóstico.¹⁷

En vista de lo anterior, al no contar con parámetros basales en nuestra población, o cuando menos en nuestro medio, se decidió realizar el presente estudio. Nuestro objetivo fue la estandarización de la prueba de IOS en el Laboratorio de Fisiología Respiratoria del Hospital Central Militar para generar ecuaciones piloto para valores de referencia, en virtud de que (como sucede con otras pruebas de función respiratoria) los valores obtenidos por un paciente necesitan ser contrastados con los valores de referencia apropiados —determinados a partir de sujetos sanos, agrupados por edad, género y grupo étnico—. Los trabajos publicados hasta el momento no resultan adecuados para ser utilizados en nuestra población, dado que no han sido validados para ser interpolados, ya que en su determinación no se incluyeron todos los grupos de edad, y ningún estudio incluyó población hispana. La información obtenida en la presente investigación nos permitirá contar con valores predichos apropiados que faciliten una adecuada interpretación de los resultados del IOS. Y al tener una prueba fidedigna para nuestra población, ésta podrá ser integrada como una valiosa herramienta diagnóstica y de seguimiento en pacientes con enfermedades respiratorias, sobre todo aquéllos con limitaciones físicas, cognitivas y/o edad avanzada.

Material y métodos

Previo aprobación del estudio por los Comités de Investigación y Ética en Investigación del Hospital Central Militar, se reclutó a individuos sanos de manera voluntaria (familiares que asistían como acompañantes de pacientes en la Consulta Externa y en el Laboratorio de Fisiología Pulmonar, así como estudiantes y trabajadores de las escuelas militares y del mismo hospital); se aceptaron aquéllos que cumplieran con los criterios de inclusión.

Después de otorgar su permiso para el estudio, se les dio a firmar una carta de consentimiento informado; posteriormente, fueron sometidos a un examen físico y se obtuvieron peso (en kilogramos, en unidades cerradas) y estatura (en centímetros). Luego, se calculó el índice de masa corporal, se aplicó un cuestionario de síntomas respiratorios y el cuestionario platino, los cuales tuvieron la finalidad de detectar a los sujetos con síntomas respiratorios de una posible enfermedad pulmonar no diagnosticada, enfermedad pulmonar conocida, e identificar factores de riesgo significativos para neumopatía.

La espirometría e IOS se llevaron a cabo con equipos comerciales (NDD, en el caso de algunas espirometrías y MSIOS, Erich Jaeger, CareFusion, San Diego, California) de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes; se verificó y realizó la calibración de todos los equipos empleados.

Primero, se les realizó IOS de acuerdo con las principales recomendaciones publicadas por ATS/ERS 2007.¹⁸ Se le explicó al sujeto, en lenguaje sencillo, la forma de realizar cada una de las maniobras. El sujeto debía estar sentado sobre una silla sin ruedas y con soporte para brazos, tórax y cuello, en posición erguida y con ambos pies apoyados sobre el piso; se colocó una pinza en la nariz; el mismo sujeto sostuvo sus mejillas y se le pidió que respirara en la boquilla del equipo (con filtro antibacteriano desechable). El sujeto no debía meter la lengua ni morder la boquilla, debía sellar los labios alrededor de la misma y respirar tranquilamente a volumen corriente. Se obtuvieron tres mediciones de 30 segundos cada una, bajo criterios de aceptabilidad (al menos cuatro respiraciones en volumen corriente y de forma regular; la morfología de las curvas debía estar libre de artefactos: tos, cierre glótico, apnea, respiración agitada, lo cual se verificó de manera visual y de forma directa en el monitor al estar realizando cada una de las maniobras) y repetibilidad (la coherencia que determinaba la correlación que existía entre las señales que entraban y salían debía ser de 0.6 a 5 Hz y de 0.9 a 10 Hz; debía existir una variabilidad entre las mediciones menor del 10% en frecuencias mayores de 5 Hz). Tras finalizar las tres maniobras de IOS, se les hizo espirometría bajo las recomendaciones ATS/ERS 2005,¹⁹ con equipo Jaeger/CareFusion (Alemania): a los sujetos sentados se les colocó pinza nasal, se obtuvieron tres maniobras para lograr al menos dos volúmenes de

flujo aceptables y reproducibles; las curvas fueron revisadas visualmente, se excluyeron las maniobras con artefactos y los resultados se evaluaron de acuerdo con las recomendaciones ATS/ERS.¹⁹ Las variables medidas fueron el volumen espiratorio forzado máximo en un segundo (VEF1), la capacidad vital forzada máxima (FVC) y el índice VEF1/FVC. Al finalizar esta prueba, se aplicó broncodilatador (salbutamol 400 µg) a través de una cámara reservorio con un volumen recomendado de al menos 300 mL; el paciente permaneció en reposo por 20 minutos. Para concluir, se repitieron bajo los mismos criterios la oscilometría de impulso y la espirometría.

Resultados

En el Laboratorio de Fisiología Pulmonar del Hospital Central Militar, se estandarizó la prueba de oscilometría de impulso de la siguiente forma y de acuerdo a los estándares internacionales ATS/ERS 2007:

- Anteriormente al inicio de las PFR, verificación de la calibración de los equipos (espirómetro y oscilómetro)
- Identificación y evaluación integral del paciente
- Toma de signos vitales (debían estar dentro de rangos normales) y medidas antropométricas del paciente (peso, talla, IMC)
- Ingreso de los datos al *software* del equipo IOS
- Realización del procedimiento:
 - Estaba sentado durante la prueba
 - Se le colocó una pinza en la nariz para evitar que respirara por la misma
 - Una persona (personal de salud) o el mismo paciente sostuvo sus mejillas
 - Se le colocó una boquilla con filtro en la boca, en la cual no debía meter la lengua, ni morderla; debió sellar los labios alrededor de la misma y respirar tranquilamente
 - Se le demostró el ruido que realizaba el aparato cada vez que medía R y se le explicó que no debía asustarse y debía seguir respirando tranquilamente
 - Una vez explicado el procedimiento, se le demostró al paciente cómo realizar la prueba
 - Se le realizaron tres mediciones de 30 segundos cada una, las cuales debían tener criterios de aceptabilidad y repetibilidad de acuerdo a los estándares ATS/ERS 2007

Durante el periodo de estudio, se invitó a un total de 200 participantes; de ellos, se excluyeron 23: 11.5% (no completaron prueba: 11, obesidad: 9, no aceptaron participar: 3); 177 (88.5%) cumplieron los criterios de inclusión, y de éstos, se eliminó un total de 45 personas (25.4%) por no cumplir con los criterios de la espirometría para su ingreso al protocolo de estudio (26 participantes, 57.7%) y por cuestionario platino positivo (19, 42.2%). Resultó un total de 132 individuos que cumplieron los criterios de inclusión al estudio (Figura 1).

El total de la muestra se constituyó por 51.5% del sexo masculino (68) y 48.5% (64) del femenino. La edad osciló entre 20 y 74 años, con un promedio de 39.65 ± 15.26 años; la talla tuvo un promedio de 1.63 ± 0.091 m.

Se logró obtener una ecuación piloto con base en los resultados registrados. A partir de los datos asentados en el *cuadro 1*, es posible construir un modelo con los valores de las constantes y de los regresores (A, B, C) para generar una ecuación que permita conocer los valores de referencia de la oscilometría de impulso en adultos en el Hospital Central Militar.

Variable = constante + (sexo × constante de sexo) + (talla × constante de talla) + (edad × constante de edad)

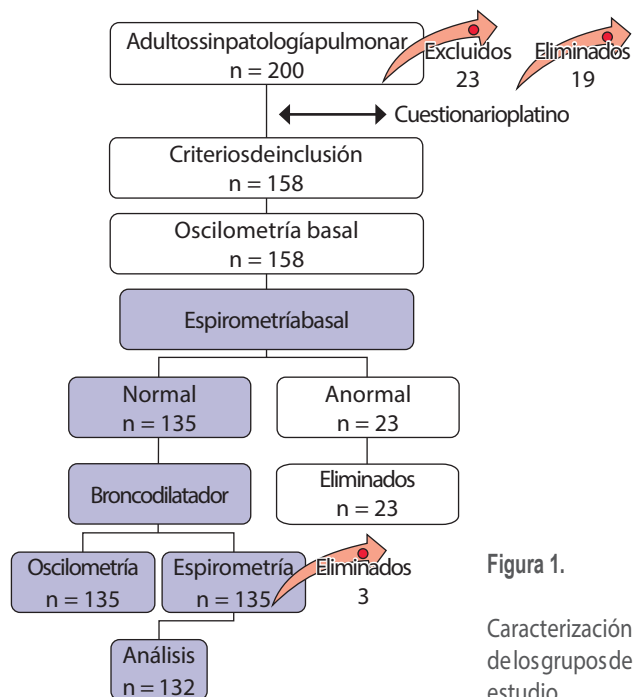


Figura 1.

Caracterización de los grupos de estudio.

Cuadro 1. Ecuación piloto para el cálculo de valores de referencia de los valores de oscilometría de impulso en adultos del Hospital Central Militar.

Valor de IOS	Constante	A (Sexo)	B (Talla)	C (Edad)	DER
Zrs5	0.462	-0.034	-0.125	0.001	0.0646
Rrs5	0.448	-0.034	-0.122	0.001	0.0623
Rrs10	0.431	-0.037	-0.116	0.001	0.0609
Rrs15	0.405	-0.038	-0.104	0.002	0.06
Rrs20	0.425	-0.038	-0.111	0.002	
Rrs5-Rrs20	0.023	0.004	-0.011	0	0.0196
Xrs5	-0.11	-0.007	0.05	0.0015	0.0364
Xrs10	-0.064	-0.001	0.041	5	0.0223
Xrs15	-0.084	-0.002	0.06	0	0.0223
Xrs20	-0.068	-0.001	0.071	0	0.0248
AX	8.676	-0.377	-3.12	0.016	1.168

Los números en casillas grises corresponden a valores con $p > 0.05$.

Donde:

Variable = Z5, R5-R20, X5-X20, AX.

Sexo = Femenino: 0 Masculino: 1.

Talla: Estatura expresada en metros.

Edad: Expresada en número de años.

Discusión

La oscilometría de impulso (IOS) mide la impedancia respiratoria (Zrs) en términos de resistencia (Rrs) y reactancia (Xrs) a múltiplos de 5 Hz; ésta ha sido introducida como una modalidad alternativa o complementaria a las pruebas de función pulmonar convencionales. Sin embargo, no se ha utilizado como una herramienta más para el diagnóstico de enfermedades pulmonares en la práctica clínica, aun en vista de su carácter no invasivo y la falta de dependencia a la cooperación del paciente. Esto puede deberse a la variabilidad de la prueba; aunque la obtención de los valores de dicho estudio es fácil, la interpretación requiere capacitación y experiencia.

Examinamos una población del Hospital Central Militar, el cual es un centro de referencia nacional para pacientes con enfermedades pulmonares. Entre los resultados encontramos que (al igual que la gran mayoría de las pruebas de función pulmonar) la oscilometría de impulso está influenciada principalmente por la edad, talla y género. Se incluyeron pacientes

con espirometría calidad A según estándares ATS/ERS 2005 y con resultado normal.

A pesar de que no existe una abundante literatura respecto a los valores de referencia, varios trabajos han establecido ecuaciones de referencia que van desde la edad preescolar hasta la adolescencia, y todos los estudios concuerdan en que las Rrs disminuyen con el aumento de la talla en los niños preescolares sanos y no existe variación entre géneros.

Hay pocas publicaciones respecto a valores de referencia en población adulta (Australia, Japón, Alemania). Newbury¹⁵ efectuó uno de los estudios para evaluar las ecuaciones predictivas australianas para el sistema de oscilometría de impulso; si bien su muestra fue de más de 100 adultos, se considera un estudio piloto. Newbury incluyó aproximadamente 10 hombres y 10 mujeres de 10 años de edad por cohorte; se tomaron IOS y espirometría en todos los participantes; generó ecuaciones normales predictivas australianas y las comparó con las ecuaciones publicadas (alemanas), encontrando diferencias significativas.

El presente trabajo tiene similitudes respecto al ya comentado estudio, como el tamaño de la población, los criterios de inclusión y exclusión y la edad (18 a 74 años); al igual que en la población australiana, nuestros equipos también tienen valores normales previstos proporcionados por el fabricante alemán. Asimismo, el análisis de resultados se realizó por sexo, edad, talla y peso; se encontró que el sexo influye en los valores de IOS en el volumen corriente (VT), impedancia, resistencias y área de reactancia, con $p < 0.05$, y no incide en reactancias. De igual forma, la edad afecta los valores de cada variable, y se encontró que el peso no tiene ningún impacto en IOS.

Respecto al estudio en población japonesa realizado por Shiota¹⁴ en el año 2005, se determinó la ecuación predictiva para la resistencia a 5 y 20 Hz y la impedancia a 5 Hz (R5, R20, X5) en una población de 299 sujetos adultos japoneses; sin embargo, la población incluía fumadores y controles (no fumadores: 166, fumadores: 133). Se encontró que la ecuación predictiva para R5, R20 y X5 reveló una clara diferencia con respecto a la historia de tabaquismo del sujeto (no fumador de por vida, $n = 166$, ajustado $r = 0.55$, 0.46 y 0.57 , respectivamente; versus fumador, $n = 133$, ajustado $r = 0.47$, 0.42 y 0.47 , respectivamente). Esta diferencia fue menos evidente con respecto al sexo (femenino, $n = 120$, ajustado $r = 0.42$, 0.20 y 0.47 , respectivamente; frente a varón, $n = 179$, ajustado $r = 0.46$, 0.37 y 0.47 , respectivamente). Las

ecuaciones predictivas dependían del registro de talla para R5 y R20, y la edad y registro de talla para X5. En nuestro trabajo, no incluimos población fumadora y, en similitud con la investigación japonesa, encontramos que la reactancia (XRs) está asociada sobre todo a la talla, $r = 0.727$, $r^2 = 0.528$. De acuerdo con el estudio australiano y el nuestro, la edad influye en los valores de IOS.

Conclusiones

Este estudio proporciona ecuaciones de referencia para los índices comunes de oscilometría de impulso en sujetos mexicanos; así, se integra una prueba de función pulmonar más, que pudiera facilitar la detección de alteraciones funcionales en vía aérea pequeña. Sugerimos realizar más investigaciones en población mexicana, sobre todo de edad avanzada, para confirmar nuestros resultados. La finalidad es proporcionar una base más sólida de las ecuaciones de referencia para IOS desde la perspectiva clínica y epidemiológica en los pacientes con neumopatías.

Las ecuaciones actualmente aplicadas en nuestra población son las proporcionadas por el fabricante alemán, ecuaciones Vogel & Smidt.¹¹ Hay que hacer hincapié en que en el estudio publicado en 2013 por alemanes¹² (ambos en población caucásica) se encontraron diferencias significativas. Por ello, resulta evidente la importancia y necesidad de contar con valores de referencia en nuestra población.

Las ecuaciones obtenidas en este estudio podrían ser aplicadas, guardadas las consideraciones pertinentes, en población latinoamericana que comparta características antropométricas.

Perspectivas y recomendaciones

- a) Con los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda validar la ecuación obtenida para poder utilizarla.
- b) Aumentar el número de población de edad avanzada.
- c) Incluir pacientes con enfermedades pulmonares obstructivas y/o restrictivas que sirvan también como comparativos, para así desprender más investigaciones respecto a la oscilometría de impulso.
- d) Difundir más el uso de este estudio como prueba de función pulmonar en pacientes que presenten cualquier dificultad para realizar una prueba de

función pulmonar que demande esfuerzo y/o coordinación.

REFERENCIAS

1. Vargas-Domínguez C, Gochicoa-Range L, Velázquez-Uncal M, Mejía-Alfaro R, Vázquez-García JC, Pérez-Padilla R et al. Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién? *Neumol Cir Torax*. 2011; 70 (2): 101-117.
2. Gochicoa-Rangel, Cantú-González G, Miguel-Reyes J. Oscilometría de impulso. Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Tórax*. 2014; 73 (2): 138-149.
3. Dubois AB, Brody AW, Lewis DH, Burgess BF Jr. Oscillation mechanics of lungs and chest in man. *J Appl Physiol*. 1956; 8 (6): 587-594.
4. Al-Mutairi SS, Sharma PN, Al-Alawi A, Al-Deen JS. Impulse oscillometry: an alternative modality to the conventional pulmonary function test to categorise obstructive pulmonary disorders. *Clin Exp Med*. 2007; 7 (2): 56-64.
5. Smith HJ, Reinhold P, Goldman MD. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. *Eur Respir Mon*. 2005; 31: 72-105.
6. Pride NB. Forced oscillation techniques for measuring mechanical properties of the respiratory system. *Thorax*. 1992; 47 (4): 317-320.
7. Larsen GL, Morgan W, Heldt GP, Mauger DT, Boehmer SJ, Chinchilli VM et al. Impulse oscillometry versus spirometry in a long-term study controller therapy for pediatric asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2009; 123 (4): 861-867.e1.
8. Voter KZ, McBride JT. Diagnostic test of lung function. *Pediatr Rev*. 1996; 17 (2): 53-63.
9. Edwards CA, Osman LM, Gooden DJ, Douglas JG. Wheezy bronchitis in childhood: a distinct clinical entity with lifelong significance? *Chest*. 2003; 124 (1): 18-24.
10. Ortiz G, Menendez R. The effects of inhaled albuterol and salmeterol in 2- to 5- years old asthmatic children as measured by impulse oscillometry. *J Asthma*. 2002; 39 (6): 531-536.
11. Vogel J, Smidt U. Impulse oscillometry: analysis of lung mechanics in general practice and the clinical, epidemiological and experimental research. Frankfurt: Verlagsgesellschaft, 1994.
12. Schulz H, Flexeder C, Behr J, Heier M, Holle R, Huber RM et al. Reference values of impulse oscillometric lung function indices in adults of advanced age. *PLoS ONE*. 2013; 8 (5): e63366.
13. Guo YF, Herrmann F, Michel JP, Janssens JP. Normal values for respiratory resistance using forced oscillation in subjects > 65 years old. *Eur Respir J*. 2005; 26 (4): 602-608.
14. Shiota S, Katoh M, Fujii M, Aoki S, Matsuoka R, Fukuchi Y. Predictive equations and the reliability of the impulse oscillatory system in Japanese adult subjects. *Respirology*. 2005; 10 (3): 310-315.
15. Newbury W, Crockett A, Newbury J. A pilot study to evaluate Australian predictive equations for the impulse oscillometry system. *Respirology*. 2008; 13 (7): 1070-1075.
16. Aarli BB, Eagan TM, Ellingsen I, Bakke PS, Hardie JA. Reference values for within-breath pulmonary impedance parameters in asymptomatic elderly. *Clin Respir J*. 2013; 7 (3): 245-252.

17. Tomalak W, Czajkowska-Malinowska M, Radliński J. Application of impulse oscillometry in respiratory system evaluation in elderly patients. *Pneumonol Alergol. Pol.* 2014; 82 (4): 330-335.
18. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society, ATS/ERS, statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 175 (12): 1304-1345.
19. 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.

Dirección para correspondencia:

Myr. MC. Jessica Contreras Morales

Hospital Central Militar, Neumología

Blvd. Manuel Ávila Camacho s/n, Col. Lomas de Sotelo, 11200, Del. Miguel Hidalgo, CDMX.

E-mail: drjessicm@gmail.com