



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACION
SECRETARIA DE SALUD
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRIA

“Sistema De Oscilometría De Impulso: Validación De Ecuaciones De
Referencia En Niños Mexicanos Sanos”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN:

NEUMOLOGÍA PEDIÁTRICA

PRESENTA:

DR. RODRIGO FRANCISCO DEL RÍO HIDALGO

TUTOR: DR. FRANCISCO CUEVAS SCHACHT



CIUDAD DE MÉXICO

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



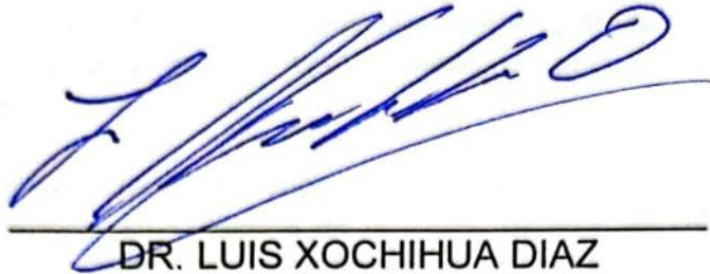
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

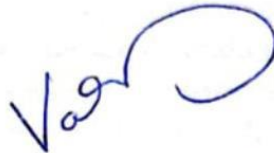
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.


**"Sistema De Oscilometría De Impulso: Validación De Ecuaciones
De Referencia En Niños Mexicanos Sanos"**



**DR. LUIS XOCHIHUA DIAZ
DIRECTOR DE ENSEÑANZA**



**DRA. VALENTINA VEGA RANGEL
ENCARGADA DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO**



**DR. FRANCISCO CUEVAS SCHACHT
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE LA ESPECIALIDAD EN
NEUMOLOGIA PEDIATRICA**



**DR. FRANCISCO CUEVAS SCHACHT
TUTOR DE TESIS**

DEDICATORIA

Agradezco a Dios la oportunidad de vivir y las herramientas para buscar la trascendencia.

A mis padres que desde que me trajeron a este mundo, trabajaron de manera incansable porque nunca me faltara nada, que con amor me educaron y desde el fondo de su corazón decidieron las acciones que juzgaron más convenientes para que pudiera alcanzar la plenitud en mi vida.

Al Dr. Francisco Cuevas Schacht, heredero de la responsabilidad y privilegio de seguir formando a los Neumólogos Pediatras de la mejor escuela de Latinoamérica, la del Instituto Nacional de Pediatría, por su generosidad al compartir su conocimiento y su paciencia al acompañarme en mi camino.

A la Dra. Adriana Alva Chaire y el Dr. Gabriel Gutiérrez Morales por complementar con dedicación y entrega las labores del Dr. Cuevas, estando siempre presentes para educar y acompañar en todo momento, y los tres regalándome más que una relación docente-estudiante, una verdadera amistad que perdura con el tiempo.

A los niños de México, sobre todo aquellos a quienes sus padres han confiado en mis manos su salud, porque son ellos quienes más me han enseñado.

A Alejandra, mi ahora esposa que me acompañó durante mi formación y me acompañará durante mi vida como Neumólogo, compartiendo los momentos buenos y los malos, celebrando los éxitos y reconfortando en los tropiezos, construyendo codo a codo la historia de la Familia Del Río Echeverría y lo que ésta le aportará al magnífico país que nos vio nacer.

INDICE

| | |
|---------------------------------|----|
| RESUMEN..... | 5 |
| ANTECEDENTES..... | 6 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| JUSTIFICACION..... | 12 |
| OBJETIVOS..... | 13 |
| MATERIAL Y METODOS..... | 18 |
| RESULTADOS..... | 22 |
| DISCUSION..... | 29 |
| CONCLUSION..... | 32 |
| REFERENCIAS..... | 33 |
| ANEXOS..... | 37 |

Resumen:

La oscilometría de impulso (IOS) mide la impedancia del sistema respiratorio (Z) ante diferentes frecuencias de oscilación. A partir de la Z se derivan la resistencia (R) y la reactancia (X) que son las fuerzas que deben ser vencidas para que el aire pueda ser desplazado dentro y fuera del sistema respiratorio. La IOS ha emergido recientemente como una prueba de utilidad clínica; sin embargo, se requieren de valores de referencia que permitan una adecuada interpretación de los resultados. **Objetivos.** 1) Validar la ecuación de referencia para IOS previamente publicada para niños mexicanos y 2), Comparar el ajuste de doce ecuaciones de referencia internacionales para IOS en una muestra de niños sanos. **Métodos.** Se incluyeron niños sanos de 4 a 15 años de edad de la zona metropolitana de la Ciudad de México, de quienes se obtuvieron parámetros antropométricos y quienes completaron una prueba de IOS. Los valores funcionales de IOS que se obtuvieron de los pacientes fueron comparados con los valores predichos por diez ecuaciones de referencia procedentes de diversos grupos étnicos (Amra, Dencker, Frei, Hellinckx, Lee, de Assumpção, Malmberg, Nowowiejska, Park and Gochicoa). Utilizamos diversos métodos de validación: análisis de las diferencias entre el valor medido y el valor esperado por la ecuación de referencia, coeficientes de correlación y concordancia, ajuste por valores Z , porcentaje del predicho y porcentaje de pacientes por debajo del límite inferior de la normalidad o por arriba del límite superior de la normalidad. **Resultados.** Fueron 224 participantes, 117 (52.3%) niñas. Las ecuaciones que mostraron mejor ajuste a los diversos parámetros fueron Nowowiejska y Gochicoa. Las ecuaciones de Frei, Hellinckx, de Assumpção y Dencker sobrestimaron la resistencia de la vía aérea de los niños de nuestra muestra; mientras que la ecuación de Amra las subestima. En el análisis de límite inferior y superior de la normalidad, Gochicoa fue la más cercana a 5% en el percentil 5 y 95. Se observó que, en términos generales, todas las ecuaciones tienen mayor error en los extremos de la distribución de la edad. **Conclusiones:** El robusto ajuste de nuestra ecuación de referencia para IOS (Gochicoa) nos permite recomendarla con propósitos clínicos y de investigación. El ajuste diferencial de otras ecuaciones subraya la necesidad de obtener valores locales de referencia.

Antecedentes

Las pruebas de función respiratoria (PFR) son de utilidad en el diagnóstico y pronóstico de diversas enfermedades respiratorias. Además, permiten evaluar la respuesta a las intervenciones instituidas y vigilar la evolución funcional de los pacientes. Estas pruebas se pueden clasificar en aquellas 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 evalúan la mecánica respiratoria incluyen: la espirometría, la pletismografía, la medición de presiones inspiratoria y espiratoria máximas y las pruebas 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 6 años) o adultos mayores encuentran más dificultad para realizarlas apropiadamente.

Cuadro 1 Pruebas de función pulmonar ²

| Mecánica de la respiración | Intercambio de gases | Integradoras. | De control respiratorio |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Espirometría• Pletismografía• Reto bronquial• Oscilometría de impulso (IOS) | <ul style="list-style-type: none">• Difusión Pulmonar de Monóxido de Carbono (DLCO).• Gasometría arterial.• Oximetría de pulso | <ul style="list-style-type: none">• Prueba de ejercicio Cardiopulmonar• Caminata de 6 minutos | <ul style="list-style-type: none">• Patrón ventilatorio.• Presión de oclusión.• Presiones musculares.• Estímulos químicos. |

En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido diseñar equipos que miden parámetros respiratorios sin la cooperación plena del paciente, tales como: el pletismógrafo corporal para lactantes, la compresión rápida toracoabdominal, la pletismografía ultrasónica y la medición de la resistencia de la vía aérea mediante las técnicas de la interrupción, así como la oscilometría de impulso (IOS).^{1,2,3}

Esta última técnica (IOS) tiene la ventaja adicional de que puede dilucidar con razonable precisión el sitio anatómico en donde se encuentra la mayor resistencia al paso del aire. Por otro lado, la medición de la reactancia mediante la IOS, podría ser de utilidad en enfermedades que afectan la distensibilidad toracoabdominal como enfermedades intersticiales, enfermedades neuromusculares o de caja torácica.⁴ La IOS es una prueba estandarizada y cada vez es más utilizada, por lo que con el objetivo de continuar mejorando el proceso de interpretación de esta prueba, se elaboraron patrones de referencia acordes a las características particulares de nuestra población

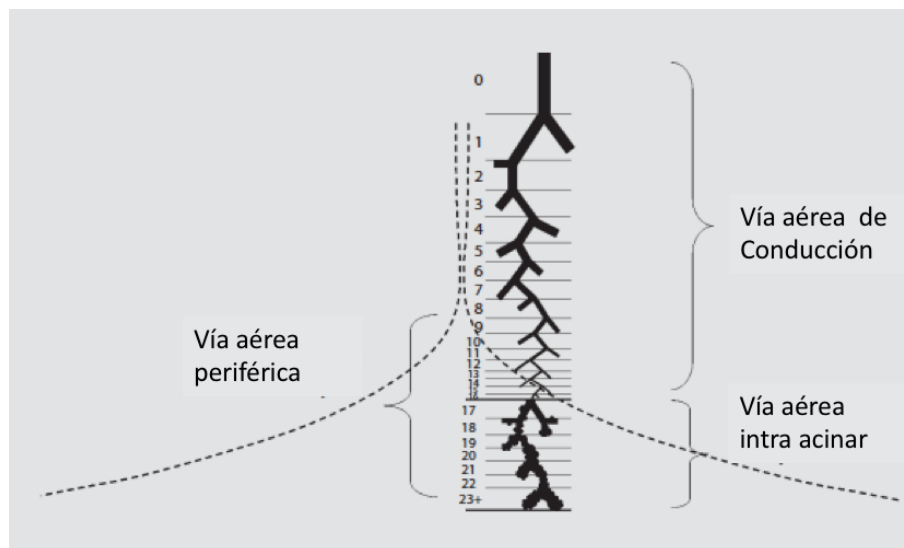
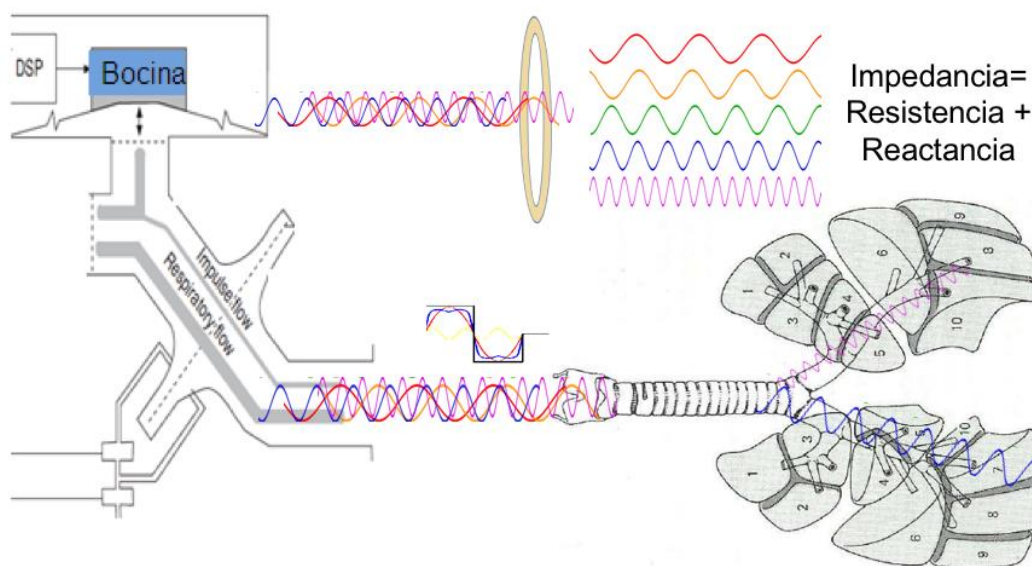


Figura 1 Representación esquemática de la vía aérea y sus generaciones. La línea discontinua representa el área de sección transversal, que incrementa exponencialmente en las generaciones distales.

Definición

La IOS es una prueba que evalúa la mecánica respiratoria a través de la aplicación de pequeños pulsos de presión 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 permitiendo su análisis subsecuente.³ Las frecuencias de oscilación a las cuales se analizan los parámetros funcionales son a 5, 10, 15, 20 y 25 Hertz (Hz).⁴



Los resultados que nos brinda la IOS son:

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 inercia propia del gas y de los tejidos (I).

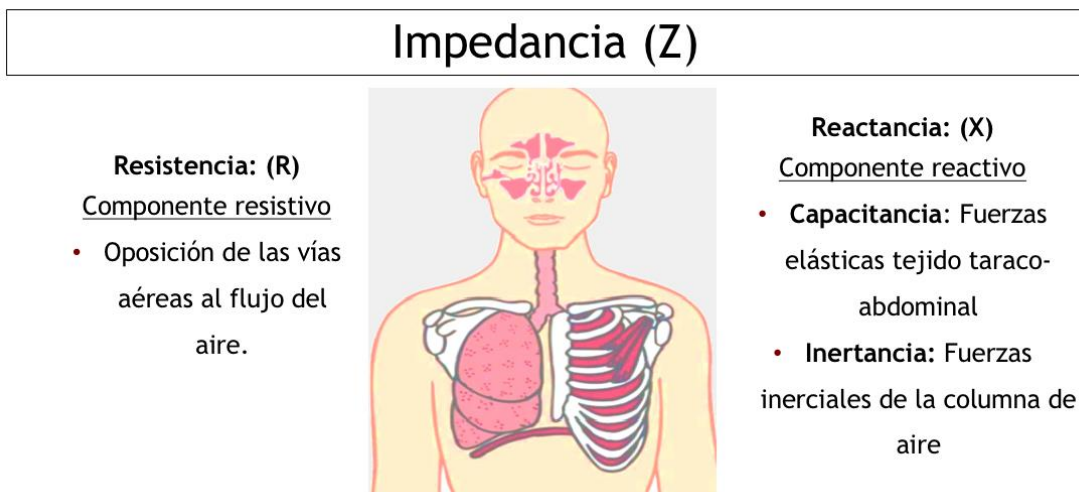
Los componentes de la R incluyen la resistencia central (proximal) y periférica (distal) de la vía aérea, como también resistencias del tejido pulmonar y de la pared del tórax.

La reactancia del sistema respiratorio (X) representa el componente reactivo de la impedancia respiratoria e incluyen las fuerzas de masas inerciales del movimiento de la

columna de aire en las vías aéreas de conducción, denominada inercia y propiedades elásticas del pulmón, denominada capacitancia.⁵

La frecuencia de resonancia (F_{res}) es el punto en el cual, las magnitudes de la reactancia capacitativa e inercial son iguales y tiene un valor igual a cero a distintas frecuencias.⁵ La F_{res} en niños se registra a frecuencias normalmente más altas que los adultos, cuyo valor normal varía entre 7-12 Hz. La F_{res} se encuentra siempre aumentada, tanto en trastornos obstructivos como restrictivos.⁵

El área de reactancia (AX) corresponde al índice cuantitativo de la X respiratoria total en todas las frecuencias entre los 5 Hz y la F_{res} . 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 y permite evaluar en forma más sensible la respuesta broncodilatadora, así como los cambios que ocurren en tratamientos a largo plazo.⁵



2. Utilidad

La IOS es útil en la evaluación de pacientes poco cooperadores en estudios dependientes de esfuerzo pero, además, es particularmente relevante en el estudio de las enfermedades que afectan la vía aérea pequeña, dado que esta región de la anatomía bronquial no es posible evaluarla mediante la espirometría.

Indicaciones

- a. Caracterización de anomalías funcionales de enfermedades respiratorias crónicas (displasia broncopulmonar, fibrosis quística, asma.⁴
- b. Prueba diagnóstica, particularmente para identificar niños con asma y la respuesta bronquial a un broncodilatador o a un broncoconstrictor.⁶
- c. Estudiar los mecanismos fisiológicos y la patofisiología de enfermedades que involucran el sistema respiratorio.⁶

Valores de referencia:

Para la interpretación de las pruebas de función respiratoria es indispensable la comparación de los valores de referencia. En la generación de valores de referencia se debe seguir una metodología aceptada en cuanto al equipamiento, realización de las pruebas, selección de sujetos e interpretación. Los valores de referencia se generan a partir de una ecuación que debe ser validada en una población sana diferente a la que le dio origen.⁷ Mientras más cercana a cero es la diferencia entre el valor predicho por la ecuación y el valor medido en el sujeto sano, el ajuste de la ecuación es mejor. En 2014, se han publicado valores de referencia de IOS para niños en nuestra población⁶; sin embargo, la ecuación no ha sido validada. Así, el objetivo de este estudio fue validar la ecuación de referencia para IOS previamente publicada por nuestro grupo y comparar el ajuste de nuestra ecuación con otras ecuaciones de referencia de IOS disponibles para niños. Nuestra hipótesis es que nuestra ecuación tiene un mínimo error en la predicción de los valores de IOS en población pediátrica y que existe un ajuste diferencial de otras ecuaciones de referencia de IOS en niños sanos. En el cuadro 2 se resumen los diferentes valores de referencia reportados para la prueba de oscilometría de impulso en la población pediátrica, en diferentes poblaciones. La edad, género, peso y factores étnicos contribuyen a la variabilidad de las pruebas y son necesarios valores específicos para diferentes grupos étnicos.

| Cuadro 1. Características generales de las diferentes ecuaciones de referencia publicadas para la población pediátrica. | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| Autor | Amra ⁸ | Dencker ⁹ | Frei ¹⁰ | Hellincks ¹¹ | Lee ¹² | Maíra ¹³ | Malmberg ¹⁴ | Nowowiejska ¹⁵ | Park ¹⁶ | Gochicoa ⁶ |
| Numero de sujetos | 509 | 360 | 222 | 281 | 161 | 123 | 109 | 626 | 133 | 216 |
| Pais | Irán | Finlandia | Canadá | Bélgica | Corea | Brasil | Finlandia | Polonia | Corea | México |
| Edad(Años) | 5-19 | 2-11 | 3-10 | 2.7-6.6 | 3-7 | 6-14 | 2.1 - 7 | 3-18 | 6-6 | 2.7-15.4 |
| Talla (cm) (media ± SD o min-max) | 162.1 ± 17.6 | 90-162 | 100-150 | 93-131 | 112.8 ± 7.03 | 142.2 ± 16.1 | 109 ± 10 | 95-193 | 109.1 ± 7.11 | 85.5-170.8 |
| Variables incluidas en la ecuación | Edad, talla | Talla, peso | Talla | Talla | Edad Talla | Edad Talla | Talla | Talla | Talla | Edad, talla |
| Tipo de ecuación | Lineal | Exponencial | Lineal | Lineal | Lineal | Lineal | Exponencial | Exponencial | Lineal | Logarítmica |

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los valores de referencia varían de acuerdo al género, peso, talla y origen étnico, por lo que se requieren ecuaciones de referencia para cada población tomando en cuenta estos determinantes. En 2014, Se publicó una ecuación de referencia de IOS para niños mexicanos; sin embargo, la ecuación no ha sido validada. Así mismo se desconoce el ajuste de los valores de nuestra población con respecto a distintas ecuaciones publicadas en la literatura internacional, por lo que hasta el momento no existe evidencia sólida de cual ecuación es la mejor para generar valores de referencia en nuestro medio.

JUSTIFICACION

Para la interpretación de las pruebas de función respiratoria, entre ellas, la oscilometría de impulso, es necesario contar con valores de referencia que tengan un adecuado ajuste con la población que se está estudiando, por lo que es indispensable contar con ecuaciones de referencia que estén validadas en el grupo al cual se pretendan aplicar. Los valores de referencia se generan a partir de una ecuación que debe ser validada en una población sana diferente a la que le dio origen.

OBJETIVOS

- 1) Validar la ecuación de referencia para IOS previamente publicada para niños mexicanos
- 2) Comparar el ajuste de doce ecuaciones de referencia internacionales para IOS en una muestra de niños sanos.

Hipótesis

Estudio descriptivo observacional, no requiere hipótesis.

Diseño del estudio:

Estudio transversal, descriptivo y observacional.

Población de Estudio:

Sujetos sanos de 4 a 15 años de edad, reclutados de escuelas preprimarias, primarias, secundarias y preparatorias del área conurbada de la Ciudad de México.

Descripción general del estudio

Es un estudio transversal aprobado por el Comité de Ciencia y Bioética en Investigación del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas” (código C20-11) de la ciudad de México. Se invitaron a participar a niños sanos de 4 a 15 años de edad, de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Una vez que los padres firmaron el consentimiento informado, se realizaron mediciones antropométricas: estatura en centímetros (estadímetro de pared: SECA modelo 206 GMBH & co; Hamburgo, Alemania) y peso en kilogramos (báscula de precisión: SECA modelo 813 Seca GMBH & co; Hamburgo, Alemania). A cada niño se le realizaron, al menos, 3 maniobras de IOS que fueran aceptables y repetibles de acuerdo a las recomendaciones ATS/ERS 2002.^{3,17,18}

Se reportaron y usaron para el análisis el promedio de las tres mediciones. Las mediciones de IOS fueron realizadas con un equipo Master Screen-IOS, (Erich Jaeger, CareFusion, San Diego, California). El equipo fue calibrado diariamente para volumen, flujo y presión.

Para identificar las ecuaciones de referencia para IOS en niños, realizamos una búsqueda en PubMed utilizando los términos “oscillometry, respiratory function test, and reference values”. La Tabla 1 resume las características de los estudios identificados.

Se reclutaron niños de escuelas preprimarias, primarias y secundarias preparatorias de la Ciudad de México y área conurbada. Después de obtener el permiso correspondiente de las autoridades educativas se envió una carta a los padres de los niños de las diferentes escuelas participantes, donde se explicó el estudio y si aceptaban participar, se les pedía que firmaran la carta de consentimiento informado y que llenaran un cuestionario (**anexo 1**). El día posterior al envío de la carta, se acudió a la(s) escuela(s) correspondiente(s) y se recogieron las cartas de consentimiento firmadas.

Si el participante completaba los criterios de selección, se procedía a evaluar su salud general, así como la antropometría, (estatura en centímetros, peso en kilogramos y las presiones respiratorias máximas).

Criterios de inclusión

- 1) Niños y adolescentes de ambos géneros, de 4 a 15 años de edad.
- 2) Sin diagnóstico establecido (manifestado así en el cuestionario) (anexo 1) o sospecha clínica (por exploración física realizada por el investigador principal) de enfermedad aguda o crónica a cualquier nivel del sistema respiratorio.
- 3) Que en las últimas 3 semanas no hubieran tenido infección de vías aéreas superiores.
- 4) Que los padres aceptaran su participación en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- 1) Diagnóstico establecido (manifestado así en el cuestionario) o sospecha clínica (por exploración física) de enfermedad respiratoria, cardíaca, hepática o renal.
- 2) Diagnóstico establecido (manifestado así en el cuestionario) o sospecha clínica (por exploración física) de reflujo gastroesofágico. Este criterio de exclusión es debido a que podría estar teniendo paso de material gástrico a la vía aérea y provocar irritación traqueobronquial (con broncospasmo o edema de la pared) y/o neumopatía por aspiración.
- 3) Niños cuyos padres no acepten participación en el estudio.

Criterios de eliminación

- 1) Imposibilidad para realizar adecuadamente la técnica de oscilometría de impulso.

Definición de variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Escala de medición | Unidad de medición |
|---------------------|--|--|------------------------|---------------------|
| Género | Categoría de un individuo basada en los cromosomas sexuales y su expresión fenotípica | Se determinará en femenino o masculino según fenotipo. | Cualitativa dicotómica | Masculino, Femenino |
| Edad | Duración de la existencia de un individuo medida en unidades de tiempo a partir de su nacimiento | La misma que la definición conceptual. Se calculará con la fecha de nacimiento. | Cuantitativa continua | Años |
| Talla Parado | Es la medición de una persona de pie, desde la tangente superior de la cabeza hasta el plano de sustentación de los pies | El valor que resulta de la medición desde la cabeza hasta los pies estando el niño en posición erecta. | Cuantitativa continua | Centímetros |

Mediciones antropométricas

- Talla en bipedestación: estando el niño(a) en posición de pie, se obtendrá la estatura en centímetros mediante un estadímetro de pared marca SECA modelo 206 (Seca GMBH & co; Hamburgo, Alemania). Esta medición se realizará colocando los talones juntos, pegados a la pared, así como las pantorrillas, las nalgas, las escápulas y la cabeza. La cabeza será posicionada pidiéndole al niño que mire hacia enfrente, manteniendo el canto externo de la órbita horizontal en relación con el meato auditivo (plano de Frankfurt).
- Talla en posición sedente: estando el niño(a) sentado se procederá a medir en centímetros mediante un estadímetro de pared marca SECA modelo 206 (Seca GMBH & co;

Hamburgo, Alemania). Esta medición se realizará colocando al niño sobre un banco con las rodillas dobladas, las nalgas, escápulas y la cabeza pegados a la pared. La cabeza será posicionada pidiéndole al niño que mire hacia enfrente, manteniendo el canto externo de la órbita horizontal en relación con el meato auditivo.

- Peso: estando el niño con ropa ligera, se obtendrá el peso (en kilogramos) utilizando una báscula con precisión marca SECA modelo 813 (Seca GMBH & co; Hamburgo, Alemania). Este valor será redondeado incrementando la unidad si la medición excede al menos 0.5 de la unidad.

Oscilometría de impulso

A cada niño se le realizaron, al menos, 3 maniobras de IOS que fueran aceptables y repetibles de acuerdo a las recomendaciones ATS/ERS 2002.^{17,18,19}

Se reportaron y usaron para el análisis el promedio de las tres mediciones. Las mediciones de IOS fueron realizadas con un equipo Master Screen-IOS, (Erich Jaeger, CareFusion, San Diego, California). El equipo fue calibrado diariamente para volumen, flujo y presión.

Maniobra de Oscilometria de impulso:

Preparación del paciente para la prueba

- a. El técnico que realiza la prueba recibe y se presenta con el paciente.
- b. Se debe revisar la solicitud médica y confirmar el nombre completo y el número de registro.
- c. El técnico explica al paciente el objetivo de la prueba. La frase más sencilla recomendada es la siguiente:

«La oscilometría de impulso es una prueba que consiste en respirar tranquilamente a través de una boquilla que sirve para conocer las resistencias que puedan existir en sus bronquios y saber si existe o no obstrucción. Si observamos que existe un aumento en las resistencias, procederemos a administrar un medicamento llamado salbutamol, esperaremos unos minutos y volveremos a realizar la prueba para ver si mejora con la administración del medicamento».

d. Si el técnico en función detecta como contraindicación llanto del paciente (en caso de los niños), debe comunicarlo al supervisor médico para que éste evalúe y supervise la ejecución de la misma.

e. Registrar el consumo de tabaco, el ejercicio físico intenso antes de la prueba y el uso de broncodilatadores.

f. La estatura se mide en centímetros (cm) y con el individuo sin zapatos, en posición completamente erecta, talones juntos y mirando al frente. Para la medición de estatura es recomendable el uso de estadímetros de pared.

g. En los pacientes que no puedan mantenerse de pie o sufran de deformidad de caja torácica, se puede usar la extensión de los brazos como una estimación de la estatura. Se solicita al paciente que extienda al máximo los brazos en direcciones opuestas. Se mide la extensión entre el extremo de los dedos medios de cada mano. La estatura se estima para hombres como extensión de brazos en cm dividido entre 1.03 y para mujeres dividida entre 1.01.2v

h. El peso se mide en una báscula calibrada y se registra en kilogramos (kg) en unidades cerradas al 0.5 kg más cercano. El peso no es utilizado en la mayoría de las ecuaciones de referencia para calcular valores normales; pero es útil para fines de interpretación.

i. La edad se registra en años cumplidos al día de la prueba.

j. La prueba debe realizarse con el sujeto sentado. Se deben utilizar sillas sin ruedas y con soporte para brazos.

Se coloca al sujeto sentado con el tórax y cuello en posición erguida y con ambos pies apoyados sobre el piso. Si se utiliza una posición diferente, ésta debe de registrarse.

Maniobra de oscilometría

a. Se explica el procedimiento que se va a realizar y los siguientes conceptos (figura 1):

I. Estará sentado durante la prueba.

II. Se le colocará una pinza en la nariz para evitar que respire por la misma.

- III. Una persona (personal de salud) o el mismo paciente sostendrá sus mejillas.
- IV. Se le colocará una boquilla con filtro en la boca, en la cual no debe meter la lengua, ni morderla, debe sellar los labios alrededor de la misma y respirar tranquilamente (figura 1).
- V. Se le demostrará el ruido que realiza el aparato cada vez que mide la R, y se le explicará que no debe de asustarse y que deberá seguir respirando tranquilamente.
- b. Una vez explicado el procedimiento se realizan tres mediciones de 30 segundos cada una, las cuales deben tener los siguientes criterios de aceptabilidad: ^{17,18,19}
1. El paciente debe tener al menos cuatro respiraciones en volumen corriente y de forma regular (figura 2).
 2. La morfología de las curvas deben estar libres de artefactos: tos, cierre glótico, respiración agitada (figuras 3-5).
- c. Las mediciones deben de contar con los siguientes criterios de repetibilidad:^{5,14-16}
1. La medición debe durar 30 segundos, si existe algún artefacto, debe eliminarse y recalcularse.
 2. Debe de pasar un minuto entre las mediciones realizadas.
 3. Debe haber un espectro de frecuencia entre 5 Hz y 25 Hz.
 4. La coherencia que determina la correlación que existe entre las señales que entran y salen debe ser de 0.6 a 5 Hz y de 0.9 a 10 Hz.
 5. Debe existir una variabilidad entre las mediciones menores al 10% en frecuencias mayores a 5 Hz.
- d. Una vez obtenido las primeras tres mediciones se procede a administrar un broncodilatador de acción corta (salbutamol) 400 µg en adultos y 200 µg en niños, con cámara espaciadora.
- e. El paciente permanece en reposo por 20 minutos.
- f. Se repite el procedimiento.

ANALISIS

Para el análisis del ajuste de las ecuaciones, se obtuvo el valor esperado de cada uno de los parámetros de IOS de acuerdo con cada una de las ecuaciones de referencia que nosotros identificamos^{6, 8-16}. El valor esperado o predicho fue restado al valor medido en el sujeto, para obtener el “error” y se obtuvieron la media y error estándar de las diferencias. Mientras menor diferencia existiera entre el valor medido y el esperado o predicho, mejor se consideró el ajuste de la ecuación. El ajuste fue también evaluado mediante el cálculo del valor-Z para cada una de las variables y se consideró un buen ajuste cuando los resultados se encontraban en un valor-Z de cero y con menos de una desviación estándar. Para evaluar si el ajuste de la ecuación era homogéneo con respecto al género, estatura y edad, se calcularon los valores predichos para cada ecuación por género y se graficaron en función de la estatura. El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico STATA 13.1, la diferencia estadística fue establecida con un valor $p < 0.05$.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Las Guías Internacionales para la investigación Biomédica con Seres Humanos, señalan que los niños considerados para este estudio son elegibles para participar en investigación biomédica en función a los riesgos y beneficios para ellos.

El estudio se apega a los principios de la Declaración de Helsinki para la investigación en seres humanos.

Todas las valoraciones clínicas y los estudios realizados fueron gratuitos.

El procedimiento de Oscilometría de impulso se considera con riesgo mínimo de acuerdo al artículo 17 del reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud

Recursos

Recursos Humanos.

Investigador: Dr. Rodrigo Francisco Del Río Hidalgo

Actividad asignada: Revisión bibliográfica, elaboración del protocolo de investigación, obtención de la información, procesamiento y análisis de datos, elaboración del informe técnico final, divulgación de los resultados.

Número de horas por semana: 7 horas

Investigador responsable: Dr. Francisco Cuevas Schacht

Actividad asignada: Revisión bibliográfica, revisión del protocolo, procesamiento y análisis de datos.

Resultados

Se incluyeron a 224 participantes, 117 (52.3%) mujeres. En el **cuadro 2** se muestran las características generales y los valores de la medición del IOS. No identificamos diferencias significativas de acuerdo al género.

| Cuadro 2. Características antropométricas según género. Datos en mediana y percentiles(p25-p75). | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Todos, n=224 | Hombres, n=101 | Mujeres, n=115 |
| Edad, años | 8.6 (6.1-10.5) | 8.8 (6.4-10.5) | 8.6 (6-10.3) |
| Peso, kg | 28.4 (21.4-37.3) | 28.5 (21.7-38.7) | 28.1 (21.3-36.5) |
| Talla, cm | 129 (115-139) | 129 (115-142) | 129 (115-137) |
| IMC | 16.8 (15.3-19.6) | 17.1 (15.4-19.5) | 16.5 (15.2-19.8) |
| IMC z-score | 0.5 (-0.2-1.3) | 0.6 (-0.2-1.3) | 0.5 (-0.3-1.4) |
| Zrs 5hz | 0.71 (0.58-0.87) | 0.7 (0.58-0.88) | 0.71 (0.57-0.86) |
| Rrs 5h | 0.67 (0.55-0.81) | 0.66 (0.55-0.83) | 0.67 (0.55-0.81) |
| R10h | 0.57 (0.45-0.69) | 0.56 (0.45-0.69) | 0.59 (0.47-0.68) |
| R15h | 0.52 (0.42-0.64) | 0.52 (0.42-0.64) | 0.52 (0.42-0.62) |
| R20h | 0.48 (0.39-0.6) | 0.5 (0.41-0.6) | 0.48 (0.38-0.59) |
| X5h | -0.23 (-0.29--0.19) | -0.24 (-0.3--0.19) | -0.22 (-0.29--0.19) |
| X10h | -0.12 (-0.15--0.08) | -0.12 (-0.15--0.08) | -0.12 (-0.15--0.08) |
| X15h | -0.07 (-0.11--0.04) | -0.07 (-0.1--0.03) | -0.07 (-0.11--0.05) |
| X20h | -0.02 (-0.05-0.01) | -0.02 (-0.05-0.01) | -0.02 (-0.05-0.01) |
| AX, L/s | 1.57 (1.06-2.19) | 1.58 (1.03-2.21) | 1.56 (1.12-2.14) |
| Fres, Hz | 21.25 (18.75-23.4) | 21.59 (18.66-23.7) | 21.12 (18.94-23.23) |

El **Cuadro 3** muestra el análisis de concordancia de los valores obtenidos de los sujetos que aceptaron participar y los predichos por las ecuaciones de referencia de los diferentes autores. La mejor concordancia en las resistencias (Rrs 5hz) se obtuvo con Dencker⁹, Nowowiejska¹⁵ y Gochicoa⁶ y para la reactancia además de los previos, se agregó la ecuación de Frei¹⁰.

Table 3. Concordancia entre los valores de referencia de los diferentes autores y la población estudiada. Los datos son coeficiente de correlación de concordancia, error medio (límites de concordancia del 95 %)

| | Amra | Dencker | Frei | Heillincks x | Lee | de Assumpção | Malmberg | Nowowiejsk a | Park | Gochicoa |
|----------|--|-------------------------------------|---|---|---|---|--|--|---|------------------------------------|
| Rrs 5hz | 0.005 , - 0.11 (-0.5 to 0.28) | 0.6* , 0.06 (-0.17 to 0.31) | 0.47* , 0.15 (-0.08 to 0.39) | 0.17* , 0.13 (-0.14 to 0.40) | 0.24* , 0.14 (-0.12 to 0.41) | 0.32, 0.12 (-0.17 to 0.41) | 0.40* , 0.01 (-0.25 to 0.28) | 0.76* , 0.04 (-0.20 to 0.27) | 0.2* , 0.02 (-0.29 to 0.33) | 0.76* , -0.03 (-0.27 to 0.2) |
| Rrs 10hz | NR | 0.63* , 0.06 (-0.14 to 0.26) | 0.46* , 0.15 (-0.05 to 0.36) | 0.15* , 0.11 (-0.13 to 0.35) | 0.14* , 0.19 (-0.05 to 0.43) | NR | 0.34* , 0.06 (-0.18 to 0.30) | 0.77* , 0.03 (-0.17 to 0.23) | 0.33* , - 0.02 (-0.27 to 0.22) | 0.78* , -0.03 (-0.22 to 0.16) |
| Rrs 15hz | 0.01 * , 0.63 (-0.64 to 1.91) | 0.62* , 0.07 (-0.12 to 0.26) | 0.44* , 0.13 (-0.07 to 0.33) | 0.17* , 0.09 (-0.14 to 0.32) | 0.22* , 0.11 (-0.12 to 0.35) | NR | 0.29* , 0.08* (-0.15 to 0.32) | 0.77* , 0.03 (-0.15 to 0.21) | NR | 0.76* , 0.04 (-0.22 to 0.14) |
| Rrs 20hz | NR | 0.61* , 0.07 (-0.12 to 0.26) | 0.44* , 0.11 (-0.08 to 0.31) | 0.18* , 0.08 (-0.15 to 0.30) | 0.17* , 0.10 (-0.13 to 0.32) | 0.15, 0.20 (-0.03 to 0.44) | 0.25* , 0.10 (-0.13 to 0.32) | 0.74* , 0.01 (-0.16 to 0.19) | NR | 0.73* , -0.04 (-0.22 to 0.14) |
| Xrs 5hz | 0.12* , 0.1 (-0.17 to 0.38) | 0.51* , 0.01 (-0.11 to 0.13) | 0.39* , - 0.10 (-0.24 to 0.04) | 0.15* , 0.03 (-0.17 to 0.12) | 0.21* , - 0.05 (-0.19 to 0.10) | 0.34, 0.06 (-0.06 to 0.17) | 0.28* , 0.05 (-0.09 to 0.19) | 0.63* , - 0.003 (-0.12 to 0.11) | 0.17* , 0.07 (-0.05 to 0.2) | 0.66* , 0.01 (-0.11 to 0.13) |
| Xrs 10hz | NR | 0.08* , 0.03 (-0.08 to 0.13) | 0.36* , - 0.05 (-0.14 to 0.05) | 0.11* , - 0.03 (-0.13 to 0.08) | 0.3* , 0.01 (-0.09 to 0.11) | NR | 0.07* , 0.09 (-0.01 to 0.19) | 0.42* , 0.02 (-0.07 to 0.12) | 0.15* , 0.03 (- 0.08 to 0.14) | 0.57* , 0.001 (-0.09 to 0.09) |
| Xrs 15hz | 0.01* , 0.48 (0.36 to 0.6) | 0.09* , -0.04 (-0.14 to 0.07) | 0.43* , - 0.03 (-0.13 to 0.07) | 0.07, 0.03 (-0.14 to 0.08) | 0.22* , 0.02 (-0.08 to 0.13) | NR | 0.04* , 0.10 (-0.01 to 0.21) | 0.42* , 0.02 (-0.07 to 0.11) | NR | 0.55* , 0.003 (-0.01 to 0.09) |
| Xrs 20hz | NR | 0.02* , 0.08 (-0.01 to 0.17) | 0.4* , -0.01 (-0.10 to 0.08) | 0.06, - 0.03 (-0.13 to 0.08) | 0.07, - 0.05 (-0.16 to 0.05) | NR | 0.02* , 0.11 (-0.01 to 0.22) | 0.25* , 0.04 (-0.04 to 0.12) | NR | 0.5* , 0.003 (-0.08 to 0.09) |
| Ax | NR | NR | 0.45* , 0.6 (-1.16 to 2.3) | NR | NR | 0.12, - 0.52 (- 1.86 to 0.82) | NR | NR | 0.11* , - 0.6 (-2.77 to 1.59) | 0.6* , 0.04 (-1.54 to 1.6) |
| Fres | NR | 0.01, -4.6 (-11.6 to 2.4) | 0.3* , -0.6 (-7.0 to 5.8) | 0.05, 1.33 (-5.6 to 8.3) | NR | 0.01, - 10.21 (- 26.8 to 6.38) | 0.02* , - 8.11 (- 14.85 to -1.37) | 0.3* , -3.5 (-10.2 to 3.1) | 0.09, - 4.01 (- 11.75 to 3.7) | 0.42* , 0.29 (-6.86 to 6.28) |

NR, the author did not report this variable of IOS. * p<0.05

En las **Figuras 1, 2 y 3** se ilustran los errores encontrados entre los valores medidos y los predichos, tanto en valores absolutos (**Figura 1**), en valores-z (**Figura 2**) y en porcentaje del predicho (**Figura 3**). No en todos los casos los autores reportaron el error estándar por lo que no fue posible obtener el valor-z de cada una de las variables. El ajuste de las ecuaciones difirió de acuerdo a la estatura de los participantes y de acuerdo al parámetro evaluado; algunas ecuaciones (Dencker⁹ y Frei¹⁰) mostraron un buen ajuste aún en los niños con las estaturas más bajas. El género no afectó el ajuste de las ecuaciones. Para explorar el efecto de la etnicidad, realizamos un análisis de correlación de los valores predichos por Nowowiejska¹⁵ y Gochicoa⁶, obteniéndose coeficientes de correlación que oscilaron entre 0.96 a 0.98. (**Figura 4**)

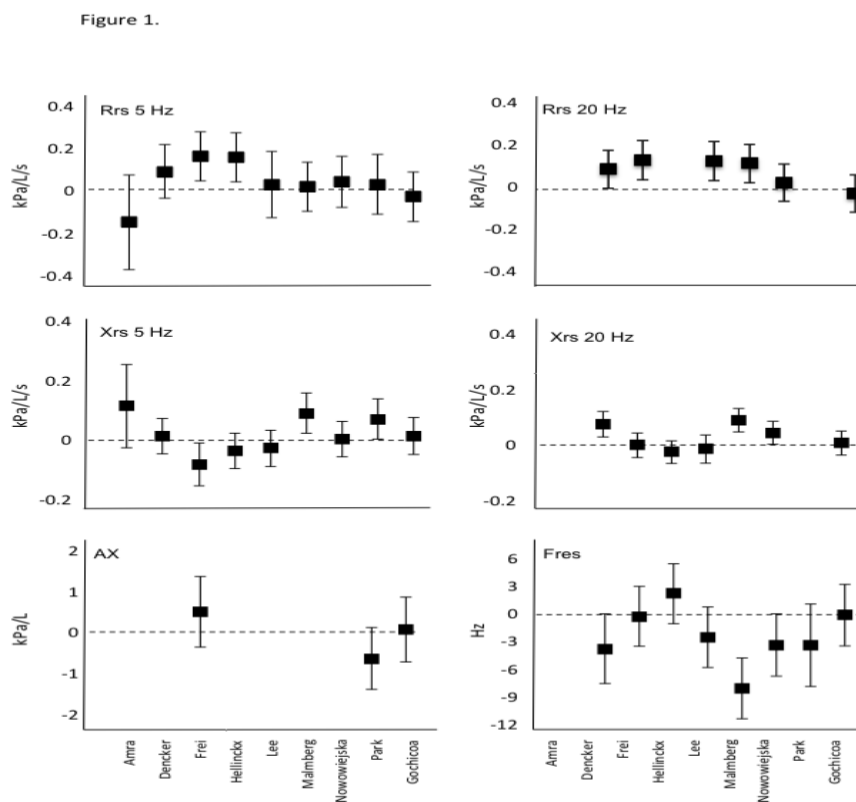


Figura 1. Media y desviación estándar de la diferencias (error) de cada una de las ecuaciones reportadas por los diferentes autores para Rrs 5h, Rrs 20h, Xrs 5h, Xrs 20h, Fres y AX. Las diferencias se obtuvieron con el valor predicho de cada ecuación menos el valor medido. El ajuste ideal de una ecuación tendría nula diferencia entre el observado y el esperado.

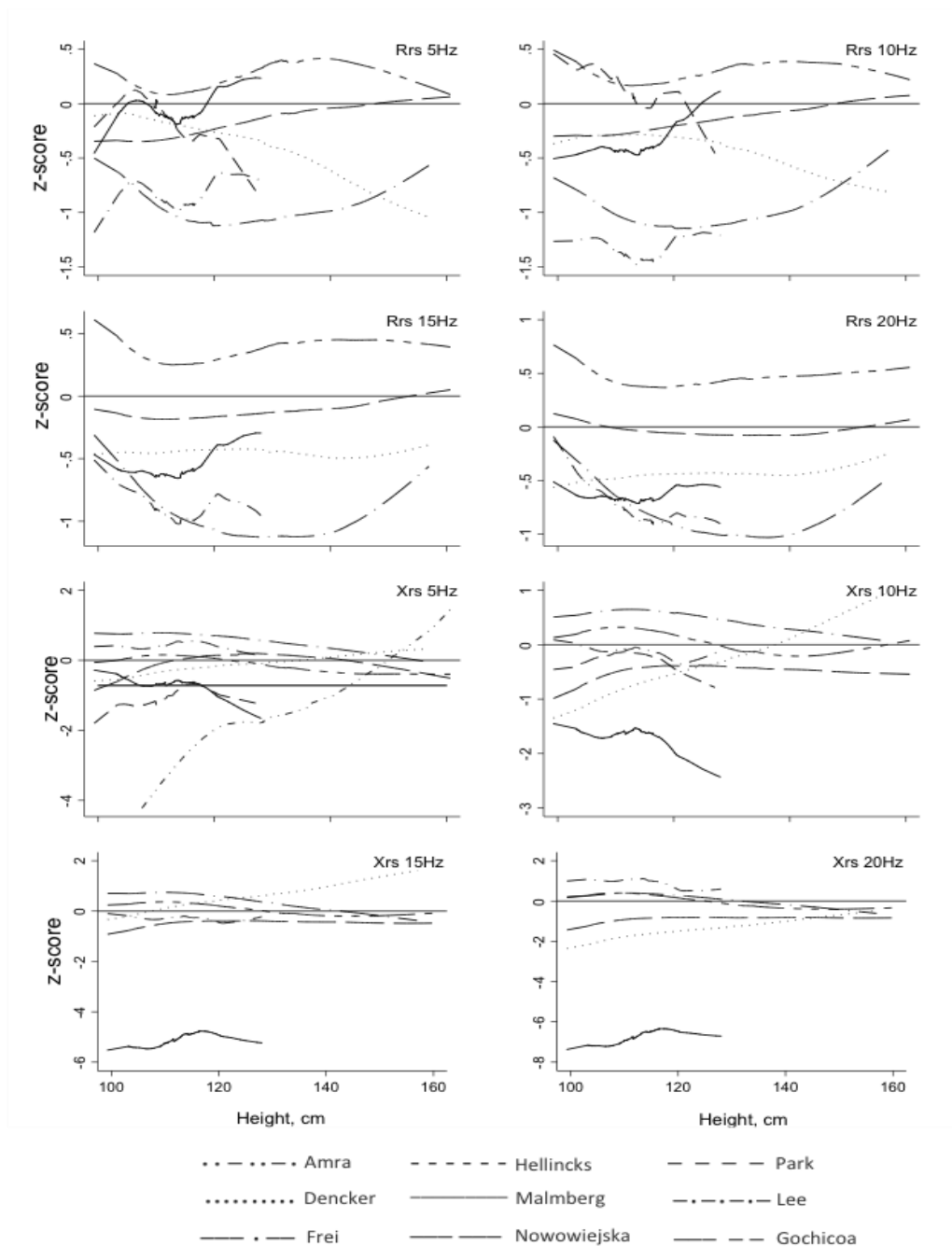


Figura 2. Valores de la oscilometría de impulso como z-score del esperado para cada resistencia y reactancia y para cada una de las ecuaciones evaluadas. En Rrs 5h, Rrs 15h, Xrs 5h no se grafica la ecuación de Amra porque el valor z es muy grande y no permite apreciar el resto de las ecuaciones. Para otros autores, no se observará la línea de regresión debido a que no cuentan con ecuación para calcular dicho valor, o no reportan la desviación estándar de los residuales para poder realizar el cálculo.

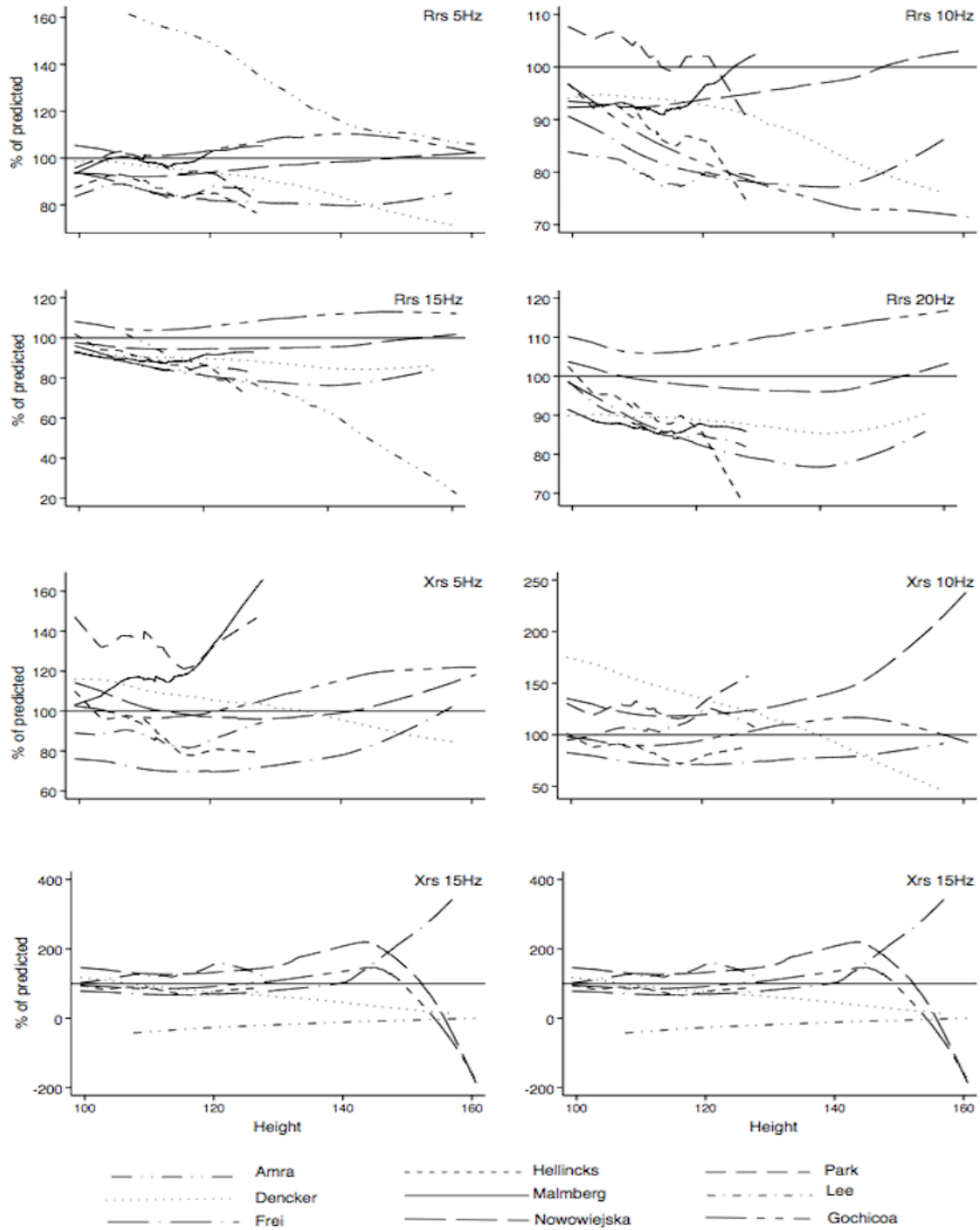


Figura 3. Valores de la oscilometría de impulso expresado como porcentaje del predicho para cada resistencia y reactancia y para cada una de las ecuaciones evaluadas. En Xrs 5h no se grafica la ecuación de Amra porque predicho es muy alto y no permite apreciar el resto de las ecuaciones; sucede lo mismo con Xrs 10h y Xrs 20h de la ecuación de Malmberg. Para otros autores, no se observará la línea de regresión debido a que no cuentan con ecuación para calcular dicho valor.

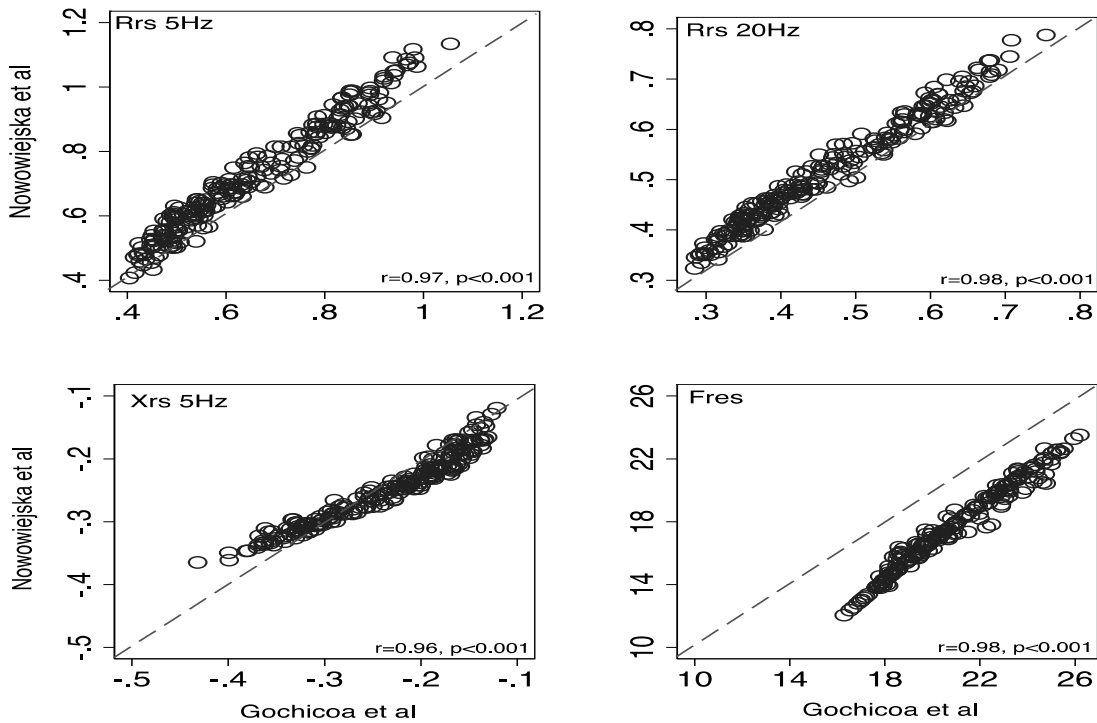


Figura 4. Se ilustra la asociación entre las dos ecuaciones que a nuestro juicio ajustan mejor a la población evaluada –Nowowiejska y Gochicoa-, la línea discontinua ilustra lo que correspondería a la concordancia entre ambas ecuaciones. Como se observa, la asociación es buena no así el grado de acuerdo entre ambas ecuaciones.

Con respecto a los límites de la normalidad, encontramos que para la ecuación de Gochicoa et al. existe entre un 6% y un 9% de observaciones por arriba o por abajo del límite de la normalidad, un poco por encima del 5% esperado; sin embargo, para otras ecuaciones, más del 20% de individuos estuvieron por fuera del límite de normalidad en un extremo; o cerca del cero por ciento, en el otro, demostrando un ajuste inadecuado. **(Tabla 4)**

Tabla 4. Porcentaje de pacientes por encima o por debajo del límite de normalidad según las diferentes ecuaciones de referencia

| | Amra | Dencker | Frei | Lee | Malmberg | Maíra | Nowowiejska | Park | Gochicoa |
|-----------------------|-------|---------|------|------|----------|-------|-------------|------|----------|
| Rrs 5hz* | 61.8 | 0.6 | 0.6 | 1.2 | 2.4 | 4.7 | 0.5 | 4.3 | 6.5 |
| Rrs 10hz* | - | 0.6 | 0.6 | 1.2 | 1.2 | - | 0.5 | 2.2 | 6.9 |
| Rrs 15hz* | 24.7 | 0.0 | 0.6 | 1.2 | 0.0 | - | 0.0 | - | 8.3 |
| Rrs 20hz* | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | - | 9.7 |
| Xrs 5hz [†] | 54.7 | 2.8 | 0.0 | 0.0 | 18.2 | 16.5 | 5.6 | 0.0 | 4.6 |
| Xrs 10hz [†] | - | 5.6 | 0.0 | 2.4 | 47.5 | - | 9.3 | 2.2 | 3.2 |
| Xrs 15hz [†] | 100.0 | 1.1 | 0.6 | 3.7 | 50.0 | - | 8.3 | - | 2.8 |
| Xrs 20hz [†] | - | 33.3 | 0.6 | 1.2 | 100 | - | 13.4 | - | 3.7 |
| AX* | - | - | 0.6 | - | - | 61 | - | 19.6 | 2.8 |
| Fres* | - | 31.7 | 8.9 | 19.5 | 0 | 60.8 | 83.3 | 10.9 | 7.9 |

* ULN: upper limit of normality, [†]LLN: lower limit of normality

DISCUSION

Nuestros resultados indican que las ecuaciones de IOS con mejor ajuste son la publicada recientemente por nuestro grupo; seguida, para la mayoría de las variables de IOS, por la ecuación de Nowowiejska¹⁵.

Nosotros creemos que el proceso de validación de las ecuaciones de referencia para IOS es relevante debido a que es creciente el número de publicaciones que demuestran su utilidad clínica y a que la correcta interpretación de la prueba depende de contar con una ecuación de referencia con un ajuste robusto. La mayor aplicación clínica de la IOS es para enfermedades pulmonares crónicas como asma^{11,12,20} displasia broncopulmonar²¹, enfermedades neuromusculares²² y fibrosis quística²³. Además, recientemente se han propuesto los valores de corte que deberían ser tomados en cuenta para considerar como positiva la respuesta al broncodilatador²⁴ e, incluso, se ha sugerido a la IOS como una prueba de reto bronquial²⁵.

En nuestro estudio nosotros analizamos el ajuste de ecuaciones de referencia de IOS procedentes de diferentes países utilizando el mismo equipo de medición (Sistema de oscilometría de impulso, Master Screen-IOS, Erich Jaeger, CareFusion). Para analizar el ajuste de las ecuaciones y darle solidez al proceso de validación, utilizamos distintos métodos: análisis de las diferencias entre el valor observado y el valor predicho por la ecuación de referencia, coeficientes de correlación y concordancia, ajuste por valores Z, porcentaje del predicho y porcentaje de pacientes que se encontraban por arriba o por debajo del límite inferior de la normalidad. Este abordaje permitió verificar no sólo si la ecuación utilizada mostraba un buen ajuste, sino también detectar si al aplicarlas a nuestra población podría brindar una elevada tasa de falsos positivos o negativos. Lo anterior partiendo del principio que un ajuste adecuado sería aquel donde aproximadamente el 5% de los individuos sanos deben quedar por fuera del límite de la normalidad; esto es, por fuera del percentil 5.

Las ecuaciones de Freij, Hellinckx, de Assumpção y Dencker^{9,10,11,13} (esta última principalmente a mayor talla) sobreestiman las resistencias lo cual ocasiona un porcentaje significativo de falsos negativos; en contraste, la ecuación de Amra⁸ las subestima, lo que conlleva a un porcentaje considerable de falsos positivos. Las ecuaciones que mostraron un mejor ajuste fueron las de Gochicoa⁶ y las de Nowowiejska¹⁵; sin embargo, esta última podría generar una elevada tasa de falsos negativos ya que solo en el 0.5% de los niños evaluados, las resistencias a 5hz y 10 hz se encontraron por fuera del límite superior de la normalidad, mientras que en las resistencias a 15 hz y 20 hz, ningún niño se encontró por arriba del LSN.

Diversos autores (Freij, Hellinckx, Malmberg, Nowowiejska, Park^{10,11,14,15}) han encontrado que la talla de pie, un indicador general del tamaño corporal es el principal determinante de las resistencias pulmonares; nosotros, al igual que Amra, Lee y de Assumpção^{8,12,13} encontramos que la edad es un adecuado predictor independiente de la resistencia; es decir, a la misma estatura, individuos con diferente edad muestran mediciones diferentes. Los estudios de Gochicoa, Amra y Nowowiejska^{6,8,15} incluyeron pacientes en edad preescolar, escolar y adolescente. Ese amplio rango de edad permite, aun en un estudio transversal, analizar la forma en la que se modifican las resistencias y las reactancias durante el periodo de crecimiento y desarrollo.

Existe controversia con respecto a la participación del género como determinante de las resistencias. Duiverman²¹ reportó, comparado con niñas, mayor resistencia en varones mayores a 8 años; mientras que Clement, Gochicoa y otros autores^{8-13,15,16} demostraron mayor resistencia en mujeres principalmente en edad escolar y adolescentes. Esos resultados están en acuerdo con los estudios de Arali²⁷ y Newbury²⁸ quienes señalan que, en la vida adulta, la resistencia de la vía aérea es mayor en mujeres comparado con hombres.

El mejor ajuste de las ecuaciones de Gochicoa⁶ y Nowowiejska¹⁵ parece estar con relación a que se formularon a partir de una población con un rango de edad más amplio, a que se

tomó en cuenta el género para predecir las resistencias y a que se formuló una ecuación no lineal. Las diferencias encontradas con respecto al ajuste de las distintas ecuaciones concuerdan con las reportadas en los estudios de espirometría ²⁹ donde el componente étnico y el género contribuyen de forma significativa en los modelos. En espirometría se ha demostrado que los niños residentes de la ciudad de México tienen volúmenes pulmonares más elevados que los niños de diversos países, aún para la misma talla, género y edad, situación que también se observa en la población adulta. Desconocemos si la mayor capacidad vital forzada asociada a la altitud sobre el nivel del mar, podría modificar sustancialmente los modelos de predicción de los parámetros de IOS.

Llama la atención el pobre ajuste con las ecuaciones de Assumpção¹³, en las que, a pesar de considerar además de la talla, la edad como un predictor de resistencia, así como estar generadas a partir de un grupo de sujetos latinoamericanos, predicen un valor más elevado al observado en nuestra población, lo cual podría estar explicado por ser grupos de distintos orígenes étnicos y características antropométricas diferentes.

Nuestro estudio tiene limitaciones. La muestra de niños sanos fue relativamente pequeña y no fue de base poblacional lo cual limita la validez externa de nuestros resultados. Sin embargo, incluimos un amplio rango de edad y las pruebas de IOS fueron realizadas con el mismo equipo comercial con el que se generó la ecuación. A este equipo se le realiza diariamente calibración de volumen y verificación de la presión; adicionalmente, se evalúa la linealidad del sensor semanalmente acorde a las recomendaciones internacionales. La maniobra de IOS se realizó de manera estandarizada¹⁹.

CONCLUSIONES

- El robusto ajuste de nuestra ecuación de referencia para IOS nos permite recomendarla con propósitos clínicos y de investigación.
- El ajuste diferencial de otras ecuaciones subraya la necesidad de obtener valores locales de referencia.
- Nuestros resultados coinciden con la noción estadística de que los valores de referencia para algunas mediciones biológicas deben obtenerse idealmente de una muestra con un perfil general similar al de la población a la que se aplicará dicha ecuación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. West, J.B. Fisiología respiratoria. 8ª edición 2009, Baltimore. USA. 193.
2. Domínguez, C.V. et al., Pruebas de función respiratoria, ¿cuál y a quién? Neumol Cir Tórax, 2011. 70: p. 101-117.
3. Willian Cristancho Gómez. Fisiología respiratoria. 3ª edición 2012. p. 2-38.
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. Vogel J, Smidt U. Impulse Oscillometry. Analysis of lung mechanics in general practice and the clinic, epidemiological and experimental research. 1994, Ed pmi Verlagsgruppe GmbH. Frankfurt am Main, Alemania.
6. Gochicoa-Rangel L, Torre-Bouscoulet L, Martínez-Brisenño D, Rodríguez-Moreno L, Cantu'-González G, Vargas MH. Values of impulse oscillometry in healthy Mexican children and adolescents. Respir Care 2015;60(1):119-127.
7. Stanojevic S, Wade A, Lum S, Stocks J. Reference equations for pulmonary function tests in preschool children: a review. Pediatr Pulmonol 2007;42(10):962-972.
8. Amra B, Soltaninejad F, Golshan M. Respiratory resistance by impulse oscillometry in healthy Iranian children aged 5-19 years. Iran J Allergy Asthma Immunol 2008;7(1):25-29.
9. Dencker M, Malmberg LP, Valind S, Thorsson O, Karlsson MK, Pelkonen A, et al. Reference values for respiratory system impedance by using impulse oscillometry in children aged 2-11 years. Clin Physiol Funct Imaging 2006;26(4):247-250.
10. Frei J, Jutla J, Kramer G. Reference values in children 100 to 150 cm in height and 3 to 10 years of age. Chest 2005;128(3):1266-1273.
11. Hellinckx J, De Boeck K, Bande-Knops J, van der Poel M, Demedts M. Bronchodilator response in 3-6.5 years old healthy and stable asthmatic children. Eur Respir J 1998;12(2):438-443.

12. Lee JY, Seo JH, Kim HY, Jung YH, Kwon JW, Kim BJ, et al. Reference values of impulse oscillometry and its utility in the diagnosis of asthma in young Korean children. *J Asthma* 2012;49(8): 811-816.
13. de Assumpção MS, Gonçalves RM, Martins R, Bobbio TG, Schivinski CI. Reference equations for impulse oscillometry system parameters in healthy Brazilian children and adolescents. *Respir Care* 2016; 61(8):1090-1099.
14. Malmberg LP, Pelkonen A, Poussa T, Pohjanpalo A, Haahtela T, Turpeinen M. Determinants of respiratory system input impedance and bronchodilator response in healthy Finnish preschool children. *Clin Physiol Funct Imaging* 2002;22(1):64-71.
15. Nowowiejska B, Tomalak W, Radliński J, Siergiejko G, Latawiec W, Kaczmarski M. Transient reference values for impulse oscillometry for children aged 3-18 years. *Pediatr Pulmonol* 2008;43(12): 1193-1197.
16. Park JH, Yoon JW, Shin YH, Jee HM, Wee YS, Chang SJ, et al. Reference values for respiratory system impedance using impulse oscillometry in healthy preschool children. *Korean J Pediatr* 2011; 54(2):64-68.
17. Marchal F, Hall GL. Forced oscillation technique. *Eur Respir Mon* 2010;47:121-136.
18. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farre´ R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J* 2003; 22(6):1026-1041.
19. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HG, Aurora P, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2007;175(12):1304-1345.

20. Manoharan A, von Wilamowitz-Moellendorff A, Morrison A, Lipworth BJ. Effects of formoterol or salmeterol on impulse oscillometry in patients with persistent asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2016; 137(3):727-733.e1.
21. Duiverman EJ, Den Boer JA, Roorda RJ, Rooyackers CM, Valstar M, Kerrebijn KF. Lung function and bronchial responsiveness measured by forced oscillometry after bronchopulmonary dysplasia. *Arch Dis Child* 1988;63(7):727-732.
22. Gochicoa-Rangel L, Vargas MH, Alonso-Go´mez JL, Rodr´ıguez- Moreno L, Mart´ınez-Brisen˜o D, Ban˜os-Mej´ıa O, Torre-Bouscoulet L. Respiratory impedance in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Pulmonol* 2016;51(10):1072-1079.
23. Sakarya A, Uyan ZS, Baydemir C, Anık Y, Erdem E, Gokdemir Y, et al. Evaluation of children with cystic fibrosis by impulse oscillometry when stable and at exacerbation. *Pediatr Pulmonol* 2016; 51(11):1151-1158.
24. Bickel S, Popler J, Lesnick B, Eid N. Impulse oscillometry: interpretation and practical applications. *Chest* 2014;146(3):841-847.
25. Kalliola S, Malmberg LP, Kajosaari M, Mattila PS, Pelkonen AS, Maˆkelaˆ MJ. Assessing direct and indirect airway hyperresponsiveness in children using impulse oscillometry. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2014;113(2):166-172.
26. Clement J, Dumoulin B, Gubbelmans R, Hendriks S, van de Woestijne KP. Reference values of total respiratory resistance and reactance between 4 and 26 Hz in children and adolescents aged 4-20 years. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987;23(5):441-448.
27. 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.

28. 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.
29. Torre-Bouscoulet L, Pe´rez-Padilla R, Grupo de Trabajo del Estudio PLATINO en Me´xico. [Adjustment of several spirometric reference equations to a population-based sample in Mexico]. *Salud Publica Mex* 2006;48(6):466-473.

Anexo 1

Fecha de llenado: / / Estado: folio:
DÍA MES AÑO

DATOS GENERALES DEL NIÑO(A)

- Nombre de la escuela: _____
- Nombre completo de su hijo(a): _____ / _____ / _____
NOMBRE(S) A. PATERNO A. MATERNO
- Marque con una X el sexo de su hijo: 1 niño 2 niña
- Fecha de nacimiento del niño(a): / /
DÍA MES AÑO
- Lugar de nacimiento de su hijo(a): _____ / _____
DELEGACION O MUNICIPIO ESTADO
- Marque con una X el nivel escolar de su hijo: 1 Preescolar 2 Primaria 3 Secundaria
 Anote: Grado: y Grupo:

ANTECEDENTES Y HABITOS EN CASA

- ¿El niño(a) nació antes de los 9 meses, es decir, fue prematuro?
 1 Si 2 No
- ¿De cuántos meses de embarazo nació el niño o niña?
 Meses
- ¿Cuál fue el peso de su hijo(a) al nacer?
 Ejemplo: 3.850 Kg | | . | | | | | Kg
 . | | | | Kg
- ¿Su hijo recibió leche materna los primeros tres meses de vida?
 1 Si 2 No
- ¿La madre del niño (a) fumó durante el embarazo?
 1 Si 2 No
- ¿El niño (a) necesitó terapia intensiva al nacer?
 1 Si 2 No
- ¿El niño (a) necesitó oxígeno al salir del hospital?
 1 Si 2 No
- ¿La madre del niño(a) fuma dentro de casa?
 1 Si 2 No
- ¿El padre del niño (a) fuma dentro de casa?
 1 Si 2 No

- Sin contar al padre y a la madre del niño ¿alguna otra persona fuma dentro de casa?
 1 Si 2 No
- Sin considerar el kínder ¿Cuántos años de escuela COMPLETOS estudió el padre del niño?
 | | Años
- Sin considerar el kínder ¿Cuántos años de escuela COMPLETOS estudió la madre del niño?
 | | Años
- Marque con una X el combustible que utilizan en casa para cocinar (puede ser más de uno):

| | |
|----------------------|----------------------------|
| a) Electricidad..... | 1 <input type="checkbox"/> |
| b) Gas | 2 <input type="checkbox"/> |
| c) Leña | 3 <input type="checkbox"/> |
| d) Carbón..... | 4 <input type="checkbox"/> |
| e) Otro..... | 5 <input type="checkbox"/> |

 f) Especifique: _____
- ¿Utilizan leña o carbón para calentar las habitaciones de la casa en forma habitual?
 1 Si 2 No
- ¿Tiene ventanas el dormitorio o habitación donde duerme el niño(a)?
 1 Si 2 No

16. ¿Hay alguna avenida principal grande a menos de dos cuadras de la casa donde vive el niño(a)?

1 Si 2 No

SALUD GENERAL

17. ¿Alguna vez en la vida algún médico le ha dicho que su hijo tenía o tiene alguna de las siguientes enfermedades:

- a) Enfermedades del corazón?..... 1 Si 2 No
b) Enfermedades del hígado?.....1 Si 2 No
c) Enfermedades del riñón?1 Si 2 No
d) Reflujo gastroesofágico?.....1 Si 2 No
e) Problemas para pasar el alimento?.....
..... 1 Si 2 No

18. Otras enfermedades que le haya diagnosticado un médico y que todavía tenga?
Especifique cual: _____

ACTIVIDAD FISICA

19. ¿Cuántos días a la semana su hijo(a) realiza ejercicio físico tan intenso que lo haga respirar rápido o agitadamente? :

_____ Días

20. Durante una semana normal, ¿Cuántas horas a la semana su hijo(a) ve televisión en promedio?

_____ Horas

HABITOS DE SUEÑO

21. ¿A qué hora acostumbra dormirse su hijo?

_____ : _____ PM

22. ¿A qué hora acostumbra despertarse su hijo?

_____ : _____ AM

23. ¿Con qué frecuencia ha notado que su hijo (a) ronque durante los últimos 6 meses?

- a) Nunca (menos de una noche al mes)..... 1
b) Algunas veces (1 a 2 noches por mes) 2
c) Frecuentemente (1 a 2 noches
por semana) 3
d) Por lo general (3 a 5 noches
por semana) 4

e) Siempre (todas la noches) 5

24. ¿Con que frecuencia durante los últimos 6 meses, ha notado que el niño(a) deja de respirar por algunos momentos cuando está dormido?

- a) Nunca (menos de una noche al mes)..... 1
b) Algunas veces (1 a 2 noches por mes) 2
c) Frecuentemente (1 a 2 noches
por semana) 3
d) Por lo general (3 a 5 noches
por semana) 4
e) Siempre (todas la noches) 5

25. ¿Con qué frecuencia durante los últimos 6 meses ha notado que el niño(a) cuando duerme respira como si se estuviera ahogando?

- a) Nunca (menos de una noche al mes)..... 1
b) Algunas veces (1 a 2 noches por mes) 2
c) Frecuentemente (1 a 2 noches
por semana) 3
d) Por lo general (3 a 5 noches
por semana) 4
e) Siempre (todas la noches) 5

SALUD RESPIRATORIA

26. ¿Alguna vez ha escuchado que su hijo tenga silbidos o chiflidos en el pecho?

1 Si 2 No

27. En los últimos 12 meses, ¿ha tenido su hijo silbidos o chiflidos en el pecho?

1 Si 2 No

28. En los últimos 12 meses, ¿ha notado que su hijo tenga chiflidos o silbidos al respirar durante o después de correr o hacer ejercicio?

1 Si 2 No

29. ¿Al niño(a) alguna vez en su vida le ha diagnosticado un médico alguna de las siguientes enfermedades respiratorias:

- a) Bronquitis.....1 Si 2 No
b) Sinusitis.....1 Si 2 No
c) Neumonía.....1 Si 2 No
d) Asma.....1 Si 2 No
e) Rinitis.....1 Si 2 No
f) Tuberculosis.....1 Si 2 No
g) Otitis.....1 Si 2 No
h) Fibrosis quística1 Si 2 No
I) Alergias.....1 Si 2 No

j) Bronquiolitis 1 Si 2 No
 k) Hiperreactividad bronquial 1 Si 2 No

30. En los últimos 15 días, el niño(a) ha tenido alguna de las siguientes molestias?

a) Tos.....1 Si 2 No
 b) Gripe.....1 Si 2 No
 c) Dolor de pecho..... 1 Si 2 No
 d) Falta de aire.....1 Si 2 No
 e) Fiebre..... 1 Si 2 No
 f) Dolor de oído..... 1 Si 2 No
 g) Dolor de garganta 1 Si 2 No

h) Chiflidos o silbidos en el pecho.1 Si 2 No

31. Nombre completo de la persona que responde la encuesta:
 _____ / _____ / _____
 NOMBRE(S) A. PATERNO A. MATERNO

32. Parentesco de la persona que responde la encuesta: _____

33. Teléfono de contacto: lada (_____) número local: _____

34. Dirección: _____

¡Gracias por su participación!

Esta sección será llenada por el personal de salud

Fecha de medición: |_|_| ||_|_| / |_|_| ||_|_| / |_|_| ||_|_| ||_|_|
DÍA MES AÑO

Mediciones antropométricas:

| | |
|--|--|
| 1.Peso (kg): _ _ _ _ . _ _ _ | 2. Peso (kg): _ _ _ _ . _ _ _ |
| 1.Talla parado (cm:): _ _ _ _ | 2.Talla parado (cm:): _ _ _ _ |
| 1.Talla sentado (cm): _ _ _ _ | 2.Talla sentado (cm): _ _ _ _ |