



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
“DR. ANTONIO FRAGA MOURET”  
CENTRO MEDICO NACIONAL “LA RAZA”

**“ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS  
ASMÁTICOS Y SU ASOCIACION CON LA GRAVEDAD DEL ASMA”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MEDICO ESPECIALISTA EN:

**ALERGIA E INMUNOLOGIA CLINICA**

PRESENTA:

**DRA. HANNIA BERTHA MATT HERNÁNDEZ**

ASESOR:

**DR. MARTÍN H. BECERRIL ANGELES**



MEXICO, DF. 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCION DE PRESTACIONES MEDICAS  
UNIDAD DE ATENCION MEDICA  
COORDINACION DE UNIDADES MEDICAS DE ALTA ESPECIALIDAD  
UMAE ESPECIALIDADES "DR. ANTONIO FRAGA MOURET"  
CENTRO MEDICO NACIONAL "LA RAZA"  
DIRECCION DE EDUCACION E INVESTIGACION EN SALUD

**TITULO: ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS ASMÁTICOS Y SU ASOCIACION CON LA GRAVEDAD DEL ASMA**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL**

Dr. Martín Becerril Ángeles

Jefe de Servicio de Alergia e Inmunología Clínica UMAE Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret" Centro Médico Nacional "La Raza" Seris y Zaachila s/n Col. La Raza Delegación Azcapotzalco Mex. DF. CP 02990  
Tel. 57 24 29 00 Ext. 24081

e-mail: [mbecer5@gmail.com](mailto:mbecer5@gmail.com)

Firma: \_\_\_\_\_

**INVESTIGADOR ASOCIADO**

Dra. Hannia Bertha Matt Hernández

Residente de 1er año de Alergia e Inmunología Clínica UMAE Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret" Centro Médico Nacional "La Raza" Seris y Zaachila s/n Col. La Raza Delegación Azcapotzalco Mex. DF. CP 02990  
Tel. 57 24 29 00 Ext. 24081

e-mail: [dra\\_matt@live.com](mailto:dra_matt@live.com)

Firma: \_\_\_\_\_

**SITIO DE REALIZACIÓN:**

UMAE Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret" Centro Médico Nacional "La Raza"

---

Dr. Martín H. Becerril Ángeles  
Jefe de Servicio de Alergia e Inmunología Clínica



**Dirección de Prestaciones Médicas**  
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud  
Coordinación de Investigación en Salud



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón".

### Dictamen de Autorizado

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud 3501

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA, D.F. NORTE

FECHA 28/04/2015

**DR. MARTIN BECERRIL ANGELES**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

**ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS ASMÁTICOS Y SU CORRELACIÓN CON LA GRAVEDAD DEL ASMA**

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

Núm. de Registro

R-2015-3501-50

ATENTAMENTE

**DR.(A). ERNESTO ALONSO AYALA LÓPEZ**

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3501

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por todo el gran amor, por la fuerza, y la valentía que toda la vida me ha dado, por toda la luz que ha proyectado en mi camino y por todas las grandes personas que siempre ha puesto a mi lado.*

*A mis padres, con todo mi cariño y mi amor porque hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

*A mi esposo, por tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para tí, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de tí, gracias por estar siempre a mi lado,*

*A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas paginas de mi tesis.*

*Dra. Hannia Matt Hdz.*

## INDICE

	PÁGINA
TITULO .....	2
RESUMEN .....	3
ANTECEDENTES .....	5
MATERIAL Y MÉTODOS .....	9
RESULTADOS .....	11
DISCUSION .....	16
CONCLUSIONES .....	19
BIBLIOGRAFIA .....	20
ANEXOS .....	23

**“ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS ASMÁTICOS  
Y SU ASOCIACIÓN CON LA GRAVEDAD DEL ASMA”**

## RESUMEN

### ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS ASMÁTICOS Y SU ASOCIACIÓN CON LA GRAVEDAD DEL ASMA

**Introducción:** El asma es una enfermedad crónica que requiere un diagnóstico temprano y un adecuado seguimiento para evitar complicaciones a largo plazo y disminuir costos sanitarios.

**Metodología:** Estudio transversal, descriptivo, observacional, que incluyó 126 niños 3 a 12 años con diagnóstico de asma, asignados en 3 grupos según gravedad de asma (leve, moderada y grave), y un grupo control de 126 niños sanos; se grabaron los ruidos respiratorios con un micrófono y una grabadora digital; con software validado se obtuvo la frecuencia máxima inspiratoria (HFI) y espiratoria (HFE) medida en Hertz, la resistencia de las vías aéreas (Raw) se midió con técnica de Rint.

**Resultado:** se encontró diferencia significativa entre HFI, HFE y Raw de niños asmáticos respecto a los sanos ( $p < 0.01$ ), así mismo, se observó diferencia significativa para HFI, HFE y Raw entre los grupos leve y moderada persistente ( $p = 0.04$ ,  $p = 0.05$  y  $p = 0.01$  respectivamente), y para los grupos moderada y grave persistente  $p < 0.01$  tanto para HFI, HFE y Raw. Se encontró asociación positiva entre el espectro sonoro y la gravedad del asma, para HFI fue  $r = 0.69$  ( $p < 0.01$ ) y para HFE  $r = 0.67$  ( $p < 0.01$ ); la asociación entre el espectro sonoro de los ruidos respiratorios y la Raw fue  $r = 0.96$  ( $p < 0.01$ ) y  $r = 0.95$  ( $p < 0.01$ ) para HFI y HFE respectivamente. La curva ROC mostró adecuada capacidad discriminatoria para todas las variables con sensibilidad de 92 al 98% y especificidad de 85 a 75%.

**Conclusión:** En el diagnóstico y seguimiento en pacientes asmáticos es confiable, sencillo y de utilidad clínica el análisis del espectro sonoro de los ruidos respiratorios.

Palabras clave: asma, espectro sonoro, resistencia de vía aérea.



## ABSTRACT

### SOUND SPECTRUM OF RESPIRATORY NOISE IN ASTHMATIC CHILDREN AND ITS ASSOCIATION WITH ASTHMA SEVERITY

**Introduction:** Asthma is a chronic disease that requires early diagnosis and appropriate monitoring to avoid complications and reduce long term health costs.

**Methodology:** Cross-sectional, descriptive, observational study, including 126 children from 3 to 12 years diagnosed with asthma in 3 groups according to the level of severity of asthma, and a control group of 126 healthy children. Breath sounds were recorded by means of an electret microphone and a digital recorder; then using validated software the Frequency Maximum inspiratory (HFI) and expiratory (HFE) sound frequencies were obtained in Hertz units. The airway resistance was measured by (Raw) Rint technique.

**Result:** significant difference were found between HFI, HFE and RAW measuring's of asthmatic children regarding healthy population ( $p<0.01$ ), Furthermore, significant difference were found for the HFI, HFE and Raw results among the Mild Persistence and Moderate Persistence groups ( $p=0.04$ ,  $p=0.05$  and  $p=0.01$  respectively) and for the Moderate Persistence and Severe Persistent groups HFI, HFE and Raw were  $p<0.01$ . The ROC curve showed suitable discriminatory capacity for all variables with a sensitivity of 98% and specificity of 85-75%.

**Conclusion:** Analyzing the sound spectrum of breathing sounds can do the diagnosis and monitoring of asthmatic patients.

**Keywords:** asthma, sound spectrum, airway resistance.

## ANTECEDENTES

La auscultación pulmonar es un importante método auxiliar diagnóstico, que requiere de experiencia y aptitudes del médico, aunado a que el estetoscopio no es un instrumento adecuado desde el punto de vista acústico ya que no es capaz de transmitir ruidos de altas o bajas frecuencias que pueden indicar patología pulmonar y son imperceptibles al oído humano<sup>1-2</sup>, por lo que el estudio de los ruidos respiratorios con técnicas modernas, que incluyen el análisis espectral de las ondas sonoras, es una herramienta que ha mostrado su utilidad en el diagnóstico de enfermedades pulmonares.

El asma es la enfermedad crónica más frecuente en la infancia y adolescencia. La importancia del asma radica en que afecta la calidad de vida<sup>3</sup>, produce alto ausentismo escolar<sup>4</sup> y en los elevados costos sanitarios que genera. La trascendencia de esta patología se destaca en su elevada prevalencia y su gran variabilidad, cuya prevalencia global es entre 8 y 20%<sup>5-6</sup>

En México, el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica, reportó que entre 2001 y 2006 la tendencia del asma en los menores de cinco años de edad tuvo un incremento de 31%, es decir de 479.44 a 627.95 por 100,000 habitantes. (SUIVE, SSA)<sup>7</sup>. El Instituto Mexicano del Seguro Social proporciona atención médica a casi la mitad de la población nacional, y ha reportado una incidencia anual de asma de 3.6 por cada 1000 derechohabientes.<sup>8</sup>

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías aéreas en la que participan diversas células y mediadores químicos; se acompaña de una mayor reactividad traqueobronquial, que provoca en forma recurrente tos, sibilancias, disnea y aumento del trabajo respiratorio. Estos episodios se asocian generalmente a una obstrucción extensa y variable del flujo aéreo que a menudo es reversible de forma espontánea o como respuesta al tratamiento.<sup>9</sup>

Las sibilancias son un signo clínico de obstrucción del flujo aéreo, y una característica clínica del asma; son ruidos continuos de carácter agudo durante la inspiración o espiración, producidos por el paso forzado del flujo aéreo a cualquier nivel de

conducción, debido a la estrechez de su diámetro por constricción y/o edema, o por compresión intrínseca o extrínseca, es uno de los sonidos más estudiados y tiene una frecuencia entre los 100 y 1400 hz con una media de 850 hz <sup>10</sup>. La frecuencia del sonido de los ruidos respiratorios va en relación al diámetro de la vía aérea, en este caso, las sibilancias se producen por la oscilación de las paredes de una vía respiratoria estrecha, por lo que es esperado que a mayor broncoconstricción, mayor frecuencia sonora en los ruidos y viceversa. Generalmente las sibilancias son fáciles de identificar a la auscultación, e incluso a distancia por su carácter musical. Sin embargo, en caso de una exacerbación asmática, muchos pacientes no perciben correctamente la gravedad del asma asociada a las “sibilancias” y solicitan atención médica cuando los síntomas pulmonares han evolucionado a mayor gravedad.<sup>11,12,13</sup> En base a esto, han surgido varios estudios de los ruidos respiratorios, entre ellos un proyecto de la Comunidad Europea, llamado “*Computerized Respiratory Sound Analysis*” (CORSA), para desarrollar estándares en investigación y la práctica médica enfocado al análisis de los sonidos respiratorios<sup>14</sup>, aunado a los equipos computarizados son el único método reproducible para el estudio de los ruidos respiratorios <sup>15,16,17</sup>. Los ruidos respiratorios normales tienen como característica acústica una frecuencia que va de 100 a 800 hz, sin embargo, en los niños existen componentes en el espectro sonoro de los ruidos respiratorios de mayor frecuencia respecto a los adultos, esta diferencia se debe a las dimensiones de las vías aéreas y está en relación con la talla.<sup>18</sup>

Debido a la naturaleza multifactorial de las sibilancias en niños menores de 5 años<sup>19</sup>, el diagnóstico de asma puede ser complicado, ya que las técnicas para medir la función pulmonar son difíciles o imposibles de aplicar. Por lo tanto, el diagnóstico se deriva del juicio clínico y la respuesta al tratamiento, lo cual retrasa las intervenciones tempranas que pueden modificar el curso natural de la enfermedad.

Se ha demostrado que el espectro sonoro de los ruidos respiratorios detecta sonidos anormales, con una sensibilidad de 80% y una especificidad del 85%, en pacientes con pruebas de provocación bronquial o en niños asmáticos, incluso en periodos asintomáticos, en episodios de bronquiolitis o durante procesos neumónicos,<sup>20-21</sup> e incluso puede detectar zonas de daño pulmonar que fueron verificadas mediante tomografía computarizada.<sup>22</sup>

Varios autores han concluido que los cambios en intensidad y frecuencia de las sibilancias están en relación al diámetro de la vía aérea y tienen correlación con pruebas de función pulmonar.<sup>23</sup> Habukawa et al, estudió niños asmáticos asintomáticos de edades entre 6 y 19 años, y observó que las frecuencias máximas del sonido respiratorio en fase inspiratoria y espiratoria se correlacionaron con disfunción de las vías aéreas pequeñas, y después de un mes de usar corticosteroides inhalados hubo mejoría en la espirometría y disminución de la frecuencia máxima inspiratoria (HFI) y espiratoria (HFE).<sup>24</sup> En otro estudio, sometió a un grupo de niños asmáticos de 6 a 18 años de edad a reto con metacolina, y encontró cambios significativos en HFI y HFE antes, durante y después del reto, pero solo hubo correlación entre el cambio de HFI y la tasa de broncoconstricción ( $r=0.44$ ); concluyó que los cambios en los ruidos respiratorios se relacionan a limitación al flujo de aire aun en pacientes asintomáticos.<sup>25</sup> Eising et al estudió un grupo de niños asintomáticos de 3 años, en el proyecto Wheezing Illnesses Study Leidsche Rijn (WHISTLER), para conocer la correlación entre sibilancias nocturnas y la resistencia de las vías aéreas con la técnica de Rint, y encontró una correlación significativa entre las sibilancias y el valor de Rint de 0.408 ( $p=0.05$ ) para la fase inspiratoria y 0.482 ( $p<0.01$ ) para la fase espiratoria.<sup>26</sup> Habukawa evaluó los ruidos respiratorios de 80 niños asmáticos divididos en 2 grupos, de acuerdo a su nivel de control, y 59 no asmáticos, y encontró una diferencia significativa entre los ruidos respiratorios de los niños asmáticos y los no asmáticos, así como en los grupos de asma controlada y no controlada, con una sensibilidad de 83.6% y especificidad de 84.2%.<sup>27</sup> En México, se cuenta con una tesis realizada en la UMAE Hospital de Ginecopediatría no 48 de León Guanajuato, en la que se estudiaron niños con índice predictivo y asma positivo que cursaban con exacerbación asmática, a quienes se les hicieron mediciones del espectro sonoro y la Raw con técnica de Rint, y se observó correlación positiva entre Raw con HFI( $p<0.01$ ) y HFE( $p<0.01$ ) pre broncodilatador y post broncodilatador ( $p<0.01$  y  $p<0.01$  respectivamente); con una sensibilidad y especificidad pre broncodilatador para HFI de 80% y 90% y para HFE de 96% y 97%.<sup>29</sup> Los estudios mencionados concuerdan en que el análisis computarizado del espectro sonoro de las sibilancias: elimina la subjetividad de la auscultación, mejora su percepción, tiene buena correlación con la espirometría en niños mayores o adultos o la técnica de Rint en niños pequeños, y es útil en el seguimiento y control de pacientes asmáticos.

La medición de la función pulmonar posee un papel indiscutido en la investigación de la fisiología y fisiopatología del aparato respiratorio, así como en el abordaje clínico y seguimiento de pacientes con enfermedad respiratoria. En un aparato respiratorio en crecimiento y desarrollo, como el del niño pequeño, la interpretación correcta de las pruebas funcionales respiratorias es importante en la discriminación de los fenómenos patológicos de aquellos relacionados con los cambios fisiológicos esperables.

Un procedimiento ideal para la medición de la función pulmonar en niños tendría como características: una maniobra sencilla de realizar y de corta duración, con poca o nula dificultad para el paciente; un equipo transportable, barato, y fundamentalmente, seguro, que pueda utilizarse a cualquier edad, de resultados confiables, reproducibles, fácilmente interpretables y que evalúe íntegramente el funcionamiento respiratorio. Consideramos que el análisis computarizado del espectro sonoro de los ruidos respiratorios puede cumplir con estas características, por lo que este método podría ser un auxiliar en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades como el asma, en pacientes con poca cooperación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio prospectivo, observacional, descriptivo, transversal que se realizó en el servicio de Alergia e Inmunología Clínica del Hospital de Especialidades, “Dr. Antonio Fraga Mouret” del CMN la Raza, del IMSS, en población pediátrica de 3 a 12 años que acuda a consulta de primera vez con diagnóstico de asma persistente. Se incluyeron a niños asmáticos, de 3 a 12 años de edad, ambos sexos, con diagnóstico de asma persistente, que estuvieron asintomáticos 1 mes antes del estudio y por lo menos 15 días sin uso de esteroide inhalado, además se contó con un grupo control de niños sanos de 3 a 12 años de edad, de ambos sexos, se excluyeron aquellos niños con neumopatía crónica diferente al asma, enfermedad por reflujo gastroesofágico, alergia a la leche de vaca, enfermedad sistémica con repercusión pulmonar y aquellos con malformaciones congénitas; se eliminaron a los que no se pudo realizar una medición satisfactoria de la resistencia de las vías aéreas y los que no se pudo grabar adecuadamente los ruidos respiratorios. Se contó con consentimiento informado por sus padres y asentimiento por parte del menor

Previa explicación del estudio a padres o tutores, así como a pacientes, se clasificó el nivel de gravedad del asma de acuerdo a GINA, para formar 3 grupos de estudio; asma persistente leve, moderada y grave; para el grupo de niños sanos se obtuvo la muestra de pacientes que acudieron al servicio sin diagnóstico de asma o hermanos de pacientes que aceptaron participar en el estudio, así como niños que acudieron a otra consulta en esta unidad; posterior a la firma del consentimiento y asentimiento informado se hicieron las siguientes mediciones:

### *Espectro sonoro de las sibilancias*

Con el paciente en posición sentado se colocó un micrófono (Marca SONY, modelo ECM-150T) conectado a una grabadora portátil digital (Marca TASCAM, modelo DR-2D) en la línea interescapulovertebral, en la cara posterior del tórax y se grabaron los ruidos respiratorios durante 30 segundos. El sonido fue previamente amplificado y pasado por filtros específicos para eliminar en su mayoría el ruido ambiental, mediante un software para análisis de sonido previamente validado (Matlab 7.8) se obtuvo la frecuencia máxima medida en Hertz en fase inspiratoria y espiratoria.

### Resistencia de las vías aéreas

Con el paciente sentado y respirando tranquilamente se midió la resistencia de las vías aéreas con un equipo comercial (MicroLab con MicroRint, MicroMedical LTD, UK), se usó una mascarilla colchada que sellaba completamente nariz y boca del paciente. Esta medición se basa en el principio de que durante una muy breve interrupción (0.1 s), la presión alveolar rápidamente se equilibra con la presión a nivel de la apertura de la vía aérea ( $P_{ao}$ ), que es medida por el equipo. Este último valor se relaciona con el valor del flujo ( $V$ ), medido por un neumotacógrafo justo antes de la interrupción, con lo cual se obtiene la resistencia de las vías aéreas mediante la fórmula  $R_{int} = P_{ao}/V$ , medido en KiloPascales/seg/L (kPa/seg/L). El equipo fue ajustado para efectuar la oclusión durante la inspiración, durante un ciclo respiratorio escogido al azar por el mismo equipo. Se realizaron un mínimo de tres mediciones y su promedio se consideró el valor de la Rint. Los investigadores recabaron los resultados en la hoja de recolección de datos para su análisis (anexo)

Para el análisis estadístico se reportó estadística descriptiva para todas las variables, se describieron las características del espectro sonoro de los ruidos respiratorios medidos en Hertz. Se aplicó la prueba de T no pareada para determinar si existe diferencia en el espectro sonoro entre niños sanos y asmáticos así como para determinar si hay diferencia entre los ruidos respiratorios en niños asmáticos de acuerdo al nivel de gravedad. Se utilizó prueba de asociación de Spearman para establecer si existe asociación entre el espectro sonoro de los ruidos respiratorios y el nivel de gravedad de la enfermedad, así como con la resistencia de las vía aéreas medida con el método de Rint. Se realizó una curva ROC para determinar la capacidad del espectro sonoro de los ruidos respiratorios para discriminar la presencia de asma y su grado de gravedad, y se calculará su sensibilidad y especificidad.

Se utilizó el programa estadístico SPSS 20.0 para el análisis de las variables y se consideró significancia estadística con  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

### *Características generales de la población*

De la población inicial de 263 pacientes, 11 fueron excluidos: 8 del grupo de estudio y 3 del grupo control por no completar la medición de la resistencia de vías aéreas. Se estudiaron 252 niños, 126 en el grupo de estudio y 126 en el grupo control. Para todos los pacientes la media de edad fue de  $7.7 \pm 2.6$  años, 69.1 % fueron del sexo masculino y la talla fue de  $128.9 \pm 16.6$  cm, sin diferencia significativa entre ambos grupos para edad, peso, sexo y talla; en la Tabla 1 se muestran las características generales de la población.

### *Espectro sonoro de los ruidos respiratorios y resistencia de las vías aéreas (Raw).*

En el grupo de pacientes sanos se encontraron rangos en el espectro sonoro de los ruidos respiratorios de 104 a 498Hz para la frecuencia máxima inspiratoria (HFI) y para la frecuencia máxima espiratoria (HFE) de 118 a 586hz; en el caso de el grupo de estudio se encontraron rangos para HFI entre 137 y 1797hz y de 145 a 1876hz para HFE; en relación a la Raw, se encontró una diferencia significativa en la media del grupo de estudio ( $0.69 \pm 0.30$ kPa/L/s) respecto del grupo control ( $0.54 \pm 0.18$ kPa/L/s) con  $p < 0.01$ ; el grupo de estudio se dividió en 3 subgrupos de acuerdo a la gravedad del asma persistente, leve, moderada y grave, la media para la HFI fue de  $530.3 \pm 198.2$ ,  $606.2 \pm 2018.08$  y  $1168 \pm 295.1$  respectivamente y para HFE  $590.2 \pm 226.1$ ,  $654.3 \pm 353.7$ ,  $1248 \pm 317.06$ ; la Raw encontrada fue de  $0.46 \pm 0.20$  para el grupo de asma leve,  $0.57 \pm 0.19$  para moderada y  $1.03 \pm 0.17$  para grave (Figura 1); mediante prueba t no pareada se encontró diferencia significativa para las variables HFI, HFE y Raw entre los 3 grupos de pacientes asmáticos, tal como se muestra en la Tabla 2.

### *Asociación entre el espectro sonoro y la gravedad del asma*

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman, se encontró correlación positiva entre el espectro sonoro de los ruidos respiratorios y la gravedad de asma, es decir, a mayor frecuencia sonora en Htz, mas grave fue la enfermedad. Para HFI se obtuvo  $r = 0.69$  ( $p < 0.01$ ), para HFE la correlación fue  $r = 0.67$  ( $p < 0.01$ ), así mismo, la correlación



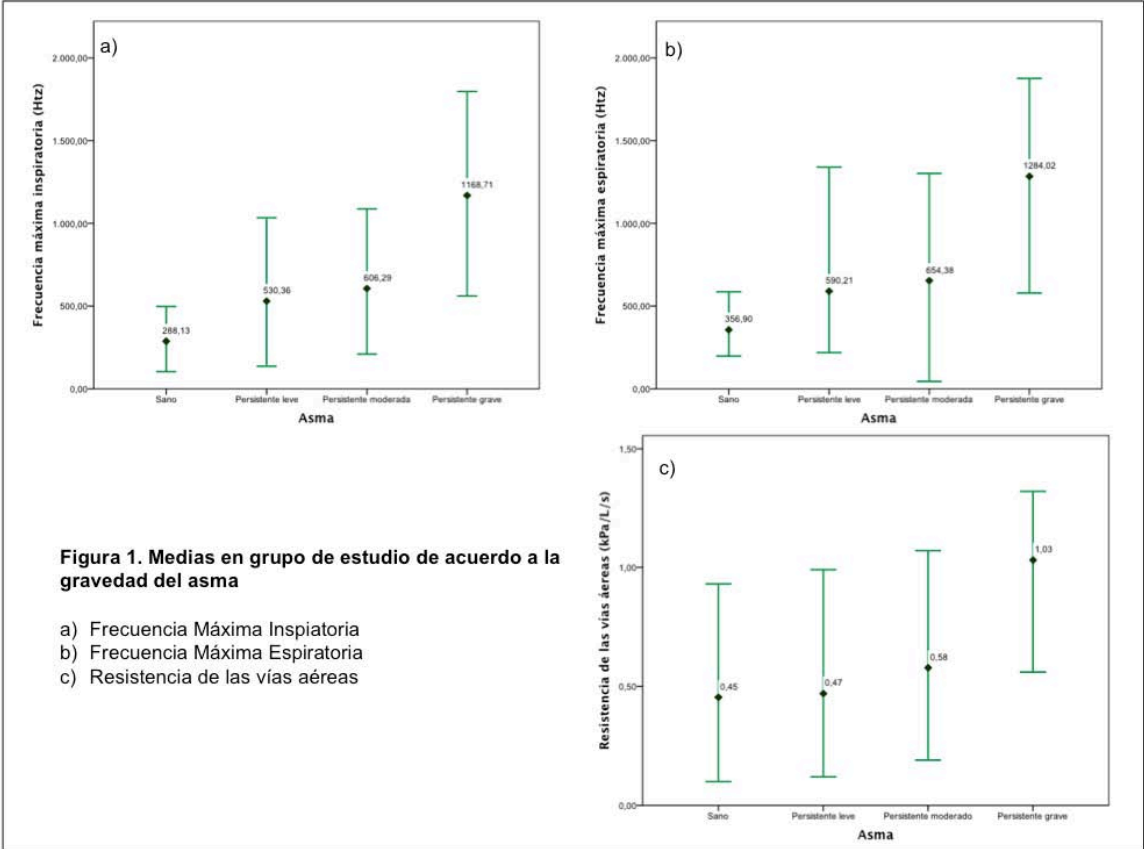
entre el espectro sonoro de los ruidos respiratorios y la Raw fue  $r=0.96$  ( $p<0.01$ ) y  $r=0.95$  ( $p<0.01$ ) para HFI y HFE respectivamente.

### *Curva ROC*

El análisis de la curva ROC (figura 2) para las variables HFI y HFE en pacientes con asma sugirió que el valor del punto de corte más útil para HFI fue 215.5Hz y para HFE fue 301.5Hz, donde la sensibilidad y especificidad fueron más altas (98% y 75%) y el número de resultados falsos se redujeron al mínimo; el área bajo la curva ROC (AUC) para HFI y HFE fue 0.94 (IC95% 0.90-0.97;  $p<0.01$ ) y 0.93 (IC95% 0.89-0.96;  $p<0.01$ ) respectivamente, reflejando buena capacidad discriminatoria. La capacidad del espectro sonoro de los ruidos respiratorios para discriminar entre la presencia de asma de acuerdo a la gravedad, también fue buena, para asma leve HFI mostró una sensibilidad de 95% y una especificidad de 76%, mientras que para HFE fue de 95 y 74% respectivamente, la sensibilidad y especificidad en asma moderada fue similar a la leve (HFI: sensibilidad 92% y especificidad 74%; HFE: 92% y 76% respectivamente); para la población con asma grave HFI tuvo una sensibilidad de 92% y una especificidad de 85% y HFE una sensibilidad de 92% y especificidad de 83%. Los valores de sensibilidad, especificidad, AUC, valor predictivo positivo y negativo se muestran en la Tabla 3

<b>Tabla 1. Características Generales de la Población</b>			
<i>Variables</i>	<i>Grupo de Estudio</i> <i>n=126</i>	<i>Grupo Control</i> <i>n=126</i>	<i>Valor de P</i>
Sexo (M/F) <sup>a</sup>	85 (67%)/41 (33%)	71(56%)/55 (44%)	0.91 <sup>c</sup>
Edad (años) <sup>b</sup>	7.7 ±2.7	7.6 ±2.6	0.90 <sup>d</sup>
Peso (kg) <sup>b</sup>	33.9 ±30.6	34.01 ±29.92	0.91 <sup>d</sup>
Talla (cm) <sup>b</sup>	128.3 ±17.4	129.4 ±15.9	0.58 <sup>d</sup>
Raw Referencia (kPa/L/s) <sup>b</sup>	0.46 ±0.20	0.45 ±0.19	0.62 <sup>d</sup>
Raw Encontrada (kPa/L/s) <sup>b</sup>	0.69 ±0.30	0.45 ±0.18	<0.01 <sup>d</sup>
HFI (Hz) <sup>b</sup>	768.4 ±372.5	288.12 ±91.1	<0.01 <sup>d</sup>
HFE (Hz) <sup>b</sup>	842.8 ±411.8	358.8 ±79.9	<0.01 <sup>d</sup>

<sup>a</sup>Los resultados para sexo estan expresados en frecuencia y porcentaje.  
<sup>b</sup>Media y desviación estandar para el resto de las variables.  
<sup>c</sup>Se Uso  $\chi^2$ . <sup>d</sup>Se usó prueba t no pareada.  
RAW resistencia de vías aéreas; HFI: frecuencia máxima inspiratoria; HFE: frecuencia máxima espiratoria.



**Tabla 2. Características de los pacientes de acuerdo a la gravedad del asma.**

Variables	Asma persistente leve n=42	Valor de p	Asma persistente moderada n=42	Valor de p	Asma persistente grave n=42
Sexo (M/F) <sup>a</sup>	29 (69%)/13 (31%)	0.94	26(62%)/16 (38%)	0.92	30(71%)/12 (29%)
Edad (años) <sup>b</sup>	7.6 ±2.3	0.76	7.8 ±2.9	0.59	7.5 ±2.7
Peso (kg) <sup>b</sup>	30.9 ±14.2	0.38	35.2 ±29.2	0.95	35.7 ±14.5
Talla (cm) <sup>b</sup>	130.5 ±17.2	0.65	128.7 ±18.4	0.42	125.7 ±16.5
Raw Referencia (kPa/L/s) <sup>b</sup>	0.45 ±0.20	0.89	0.46 ±0.22	0.43	0.49 ±0.19
Raw Encontrada (kPa/L/s) <sup>b</sup>	0.46 ±0.20	0.01	0.57 ±0.19	<0.01	1.03 ±0.17
HFI (Htz) <sup>b</sup>	530.3 ±198.2	0.04	606.2 ±218.08	<0.01	1168 ±295.1
HFE (Htz) <sup>b</sup>	590.2 ±226.1	0.05	654.3 ±353.7	<0.01	358.8 ±79.9

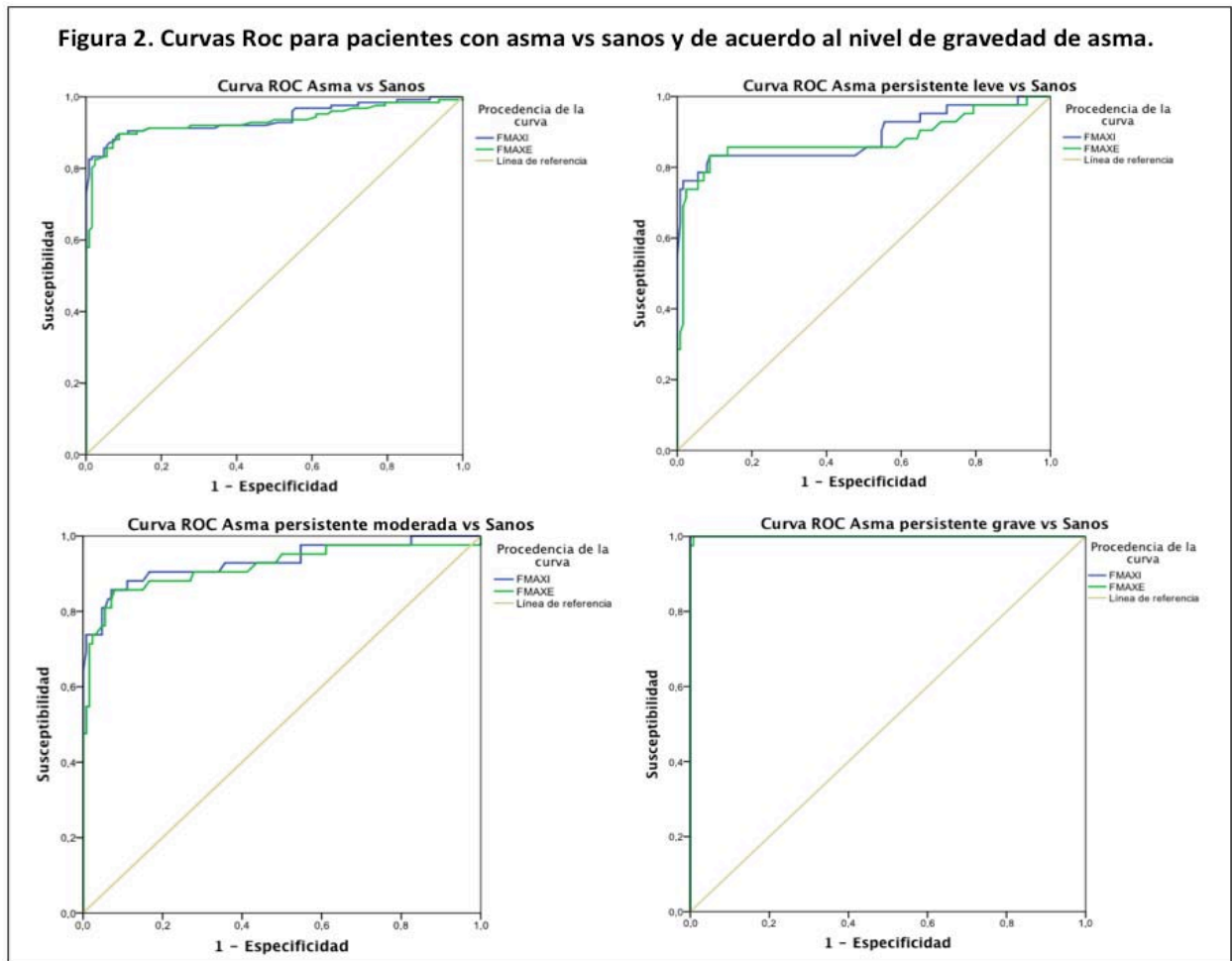
<sup>a</sup>Los resultados para sexo estan expresados en frecuencia y porcentaje.

<sup>b</sup>Media y desviación estandar para el resto de las variables.

<sup>c</sup>Se Uso  $\chi^2$ . <sup>d</sup>Se usó prueba t no pareada.

RAW resistencia de vías aéreas; HFI: frecuencia máxima inspiratoria; HFE: frecuencia máxima espiratoria.

**Figura 2. Curvas Roc para pacientes con asma vs sanos y de acuerdo al nivel de gravedad de asma.**



<b>Tabla 3. Sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y área bajo la curva ROC</b>							
<i>Variables</i>		<i>Punto de Corte (htz)</i>	<i>Sensibilidad (%)</i>	<i>Especificidad (%)</i>	<i>VPP (%)</i>	<i>VPN (%)</i>	<i>AUC (IC95%)</i>
<b>Asma</b>	HFI	215.5	98	75	55.6	93.1	0.94 (0.90-0.97; p<0.01)
	HFE	301.5	96	74	56.4	88.5	0.93 (0.89-0.96; p<0.01)
<b>Persistente Leve</b>	HFI	232.5	95	76	58.1	92.5	0.88 (0.81-0.96; p<0.01)
	HFE	320.5	95	74	59.7	88.2	0.87 (0.79-0.95; p<0.01)
<b>Persistente Moderada</b>	HFI	328.0	92	74	67	87.6	0.93 (0.87-0.98; p<0.01)
	HFE	388.0	92	76	68.7	87.4	0.91 (0.85-0.98;p<0.01)
<b>Persistente Grave</b>	HFI	602.0	92	85	99.4	81.2	0.97 (0.91-0.99; p<0.01)
	HFE	741.5	92	85	94	81.2	0.96 (0.90-0.99; p<0.01)

HFI: frecuencia máxima inspiratoria; HFE: frecuencia máxima espiratoria, VPP: valor predictivo positivo, VPN: valor predictivo negativo, AUC: área bajo la curva

## DISCUSION

El presente estudio demuestra que existen cambios significativos en el espectro sonoro de pacientes asmáticos de 3 a 12 años en comparación con niños sanos, así como con el nivel de gravedad del asma.

Nuestro interés surge de la dificultad para la detección oportuna, diagnóstico correcto y seguimiento del asma en niños debido a las limitaciones técnicas de los métodos de medición de la función pulmonar para grupo de edad.

Algunos estudios han demostrado que el espectro sonoro de los ruidos respiratorios puede llegar a detectar sonidos anormales con una sensibilidad de 80% y una especificidad del 85% en pacientes en pruebas de provocación bronquial o en niños asmáticos durante el periodo sintomático, así mismo en episodios de bronquiolitis o durante procesos neumónicos.<sup>20-21</sup> Se ha descrito que los cambios en intensidad y frecuencia de los ruidos respiratorios están en relación al diámetro de la vía aérea y tienen correlación con pruebas de función pulmonar.<sup>23</sup> Habukawa estudió un grupo de niños asmáticos asintomáticos de edades entre 6 y 19 años observando que HFI y HFE tuvieron correlación con las variables espirométricas específicas para disfunción de las vías aéreas pequeñas y después de un mes de manejo con corticosteroides inhalados observó disminución de la frecuencia sonora de HFI y HFE;<sup>24</sup> en otro estudio evaluó los ruidos respiratorios de 80 niños asmáticos divididos en 2 grupos, de acuerdo a su nivel de control, y 59 no asmáticos, y encontró una diferencia significativa entre los ruidos respiratorios de los niños asmáticos y los no asmáticos, así como en los grupos de asma controlada y no controlada, con una sensibilidad de 83.6% y especificidad de 84.2%.<sup>29</sup> concluyendo que cambios en los ruidos respiratorios indican limitación al flujo de aire aun en pacientes asintomáticos.

A diferencia de esos estudios, nosotros decidimos estudiar niños con diagnóstico de asma alérgica, confirmado con pruebas cutáneas positivas con aeroalergenos, que se encontraban asintomáticos por lo menos 1 mes, los cuales se dividieron de acuerdo al nivel de gravedad de asma de GINA en persistente leve, moderada y grave, utilizamos equipo de alta calidad para el registro del espectro sonoro, de acuerdo a los estándares

del "Computerized Respiratory Sound Analysis" (CORSA)<sup>20</sup> así como para la medición de la Raw.

La importancia del diagnóstico temprano del asma, radica en el inicio oportuno de un tratamiento adecuado, así como un seguimiento correcto que permita evitar alteraciones en la función respiratoria a largo plazo, mejorando la calidad de vida<sup>4</sup> y disminuyendo los costos sanitarios que genera esta patología.

La evidencia sugiere que la intervención terapéutica temprana en el asma es importante,<sup>30</sup> desafortunadamente, para establecer el diagnóstico son necesarios métodos de función pulmonar como la espirometría o la pletismografía corporal, que solo pueden hacerse en adolescentes y adultos, debido a que se requiere de maniobras forzadas o de adecuada cooperación por parte del paciente, lo cual es difícil con niños pequeños. Ante esta situación, estudios sobre factores de riesgo para desarrollar asma han favorecido la elaboración de índices predictivos para su aplicación en atención primaria,<sup>31</sup> sin embargo, carecen de la objetividad de las pruebas de función pulmonar, además que basan el riesgo en la etapa escolar o adolescencia, retrasando el diagnóstico y manejo oportunos.<sup>32</sup>

Nuestro estudio confirma que, el espectro sonoro detecta el incremento de la intensidad de los sonidos respiratorios conforme mas grave es el asma, y que estos correlacionan con la resistencia de las vías aéreas medida con técnica de Rint; por lo que el espectro sonoro de las sibilancias puede ser usado como un método alternativo o suplementario para evaluar la función pulmonar en pacientes que cooperan poco, como ocurre con los niños pequeños

Consideramos que al tomar la población de estudio directamente del Servicio de Alergología en un hospital de tercer nivel, al cual se derivan casos persistentes y no intermitentes, así como la obtención del grupo control de niños sin antecedentes de sibilancias y sin patología pulmonar, nuestro estudio puede mostrar cierto sesgo de muestreo, por lo que la sensibilidad y especificidad determinada puede estar sobreestimada. Sin embargo, con los resultados obtenidos logramos diferenciar adecuadamente los pacientes sanos de los asmáticos, y la técnica permitió discriminar la gravedad del asma. Futuros estudios permitirán establecer los puntos de corte para el

espectro sonoro de los ruidos respiratorios. De acuerdo al desempeño del espectro sonoro de los ruidos respiratorios en la población estudiada, consideramos que es un procedimiento confiable, accesible y sencillo, de utilidad clínica en el grupo etáreo más afectado por el asma, y en quienes los recursos diagnósticos son muy limitados.

## CONCLUSIONES

- El presente estudio muestra una adecuada correlación entre los sonidos respiratorios y la gravedad del asma
- Esta metodología puede tener utilidad en pacientes con escasa colaboración con los exámenes de función pulmonar, como son los niños pequeños
- Es un estudio no invasivo y de bajo costo, con alta sensibilidad y especificidad que permitirá realizar diagnóstico y seguimiento en pacientes con obstrucción bronquial recurrente, y permitirá identificar y clasificar de manera temprana al paciente asmático mejorando su calidad de vida y evitando complicaciones a largo plazo.



## BIBLIOGRAFIA

- 1 Gavriely N, Nissan M, Rubin A, Cugell D. Spectral Characteristics Of Chest Wall Breath Sounds In Normal Subjects. *Thorax* 1995;50:1292-300.
- 2 Abbas A, Fahim A. An automated computerized auscultation and diagnostic system for pulmonary diseases. *J Med Syst.* 2010;34:1149-55
- 3 Mohangoo A, de Koning H, de Jongste, J, et al. (2012). Asthma-like symptoms in the first year of life and health-related quality of life at age 12 months: The Generation R study. *Qual Life Res.* 2012;21(suppl3); 545–554)
- 4 Wildhaber J, Carroll WD, Brand PLP. Global impact of asthma on children and adolescents' daily lives: The room to breathe survey. *Pediatr Pulmonol.* 2012;47:346-357. doi: 10.1002/ppul.21557
- 5 Akinbami LJ, Moorman JE, Garbe PL, Sondik EJ. The status of childhood asthma in the United States, 1980–2007. *Pediatr* 2009;123(supl 3):S131– S145.
- 6 Cooper PJ, Rodrigues LC, Cruz AA, Barreto M. Asthma in Latin America: a public health challenge and research opportunity. *Allergy*, 2009;64:5–17. doi: 10.1111/j.1398-9995.2008.01902.x
- 7 Sistema de Notificación Semanal de Casos Nuevos de Enfermedades. Casos probables de Asma y estado asmático. Estados Unidos Mexicanos, Junio de 2012:  
[http://www.dgepi.salud.gob.mx/2010/PDFS/PUBLICACIONES/NOT\\_SEMANAL/2012/6Reporte\\_junio\\_N.pdf](http://www.dgepi.salud.gob.mx/2010/PDFS/PUBLICACIONES/NOT_SEMANAL/2012/6Reporte_junio_N.pdf)
- 8 Vargas Becerra M H. Epidemiología del asma. *Neumol Cir Tórax*, 2009;68:S91-S97
- 9 From the Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA) 2012. Available from: <http://www.ginasthma.org/>. Noviembre de 2014
- 10 Eslier N., Charbonneau G., Racineux J. Wheezes. *Eur. Respir. J.* 1995;8:1942-1948
- 11 Gavriely N, Nissan M, Rubin A, Cugell D. Spectral Characteristics Of Chest Wall Breath Sounds In Normal Subjects. *Thorax* 1995;50:1292-300.
- 12 Abbas A, Fahim A. An automated computerized auscultation and diagnostic system for pulmonary diseases. *J Med Syst.* 2010;34:1149-55

- 13 Houle C R, Caldwell C H, Conrad F G, Joiner T A, Parker E A, Clark N M. Blowing the whistle: what do African American adolescents with asthma and their caregivers understand by “wheeze?”. *J Asthma*, 2010;47(1):26-32.
- 14 Sovijärvi A, Vanderschoot J, Earis JE. Standardization of computerized respiratory sound analysis. *Eur Respir Rev*. 2000;10(suppl77):77-587
- 15 Palaniappan R, Sundaraj K, Ahamed NU, Arjunan A, Sundaraj S. Computer-based Respiratory Sound Analysis: A Systematic Review. *IETE Tech Rev*. 2013;30:248-56.
- 16 Gurung A, Scrafford CG, Tielsch JM, Levine OS, Checkley W. Computerized lung sound analysis as diagnostic aid for the detection of abnormal lung sounds: A systematic review and meta-analysis. *Respir Med*. 2011;105(suppl9):1396-1403
- 17 Pasterkamp H, Kraman S, Wodicka G: Respiratory Sounds. *Advances Beyond The Stethoscope*. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:974-87
- 18 Gross V, Dittmar A, Penzel T, Schuttler F, von Wichert P. “The relationship between Normal Lung sound, Age, and Gender”, *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:905-909.
- 19 Pattemore PK. Infant wheeze: Is asthma a possibility?. *J Paediatr Child Health*. 2013;49: 991–994. doi: 10.1111/jpc.12395
- 20 Gurung, A, Scrafford CG, Tielsch JM, Levine OS, Checkley W. Computerized lung sound analysis as diagnostic aid for the detection of abnormal lung sounds: A systematic review and meta-analysis. *Respir Med*. 2011;105(suppl9):1396-1403.
- 21 Ellington LE, Gilman RH, Tielsch JM, et al. Computerised lung sound analysis to improve the specificity of paediatric pneumonia diagnosis in resource-poor settings: protocol and methods for an observational study. *BMJ open*, 2012;2(suppl1)
- 22 Vena A, Rylander C, Perchiazzi, G, Giuliani R., Hedenstierna G. Lung sound analysis correlates to injury and recruitment as identified by computed tomography: an experimental study. *Intensive Care Med*. 2011; 37(suppl8):1378-1383
- 23 Nagasaka Y. Lung Sounds In Bronchial Asthma. *Allergol Int*. 2012;61:353-63.

- 24 Habukawa C, Nagasaka Y, Murakami K, Takemura T. High-Pitched Breath Sounds Indicate Airflow Limitation In Asymptomatic Asthmatic Children. *Respirol.* 2009;14:399–403
- 25 Habukawa C, Murakami K, Mochizuki H, et al. Changes in the highest frequency of breath sounds without wheezing during methacholine inhalation challenge in children. *Respirol.* 2010;15 (suppl3): 485-490
- 26 Eising JB, Uiterwaal CS, van der Ent CK. Nocturnal Wheeze Measurement in Preschool Children. *Pediatr Pulmonol.* 2013. DOI 10.1002/ppul.22803
- 27 Habukawa C, Murakami K, Horii N, Yamada M, Nagasaka Y. A new modality using breath sound analysis to evaluate the control level of asthma. *Allergol Inter* 2013;62:29-35
- 28 Matt-Hernandez, Características Del Espectro Sonoro De Las Sibilancias De Niños Potencialmente Asmáticos En Correlación Con La Resistencia De Las Vías Aéreas Antes Y Después Del Tratamiento Broncodilatador. 2012-2013. Tesis (Pediatria Medica). León Guanajuato, Universidad de Guanajuato. 2014
- 29 Taplidou SA, Hadjileontiadis LJ. Analysis Of Wheezes Using Wavelet Higher Order Spectral Features. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2010;57:1596-610.
- 30 Frey U, von Mutius, E. The challenge of managing wheezing in infants. *N Engl J Med*, 2009;360(suppl20): 2130-2133
- 31 De Jong BM, Van Der Ent CK, Van Putte-Katier N, et al. Predicting wheezing in childhood in primary care: A systematic review. Lower respiratory tract illness in young children: Predictors of disease and health care utilization. *Lagere luchtwegklachten op jonge*, 2008; 19
- 32 Gochicoa LG, Thomé-Ortiz LP, Furuya, ME, Canto R, Ruiz-García ME, Zuñiga-Vazquez G, Vargas MH. Reference values for airway resistance in newborns, infants and preschoolers from a Latin American population. *Respirology*, 2012;17(suppl4): 667-673

# ANEXOS

## HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

### ESPECTRO SONORO DE LOS RUIDOS RESPIRATORIOS DE NIÑOS ASMÁTICOS Y SU ASOCIACIÓN CON LA GRAVEDAD DEL ASMA

<b>FECHA:</b>		<b>NOMBRE:</b>	
<b>SEXO:</b>		<b>N.S.S:</b>	
<b>EDAD:</b>		<b>PESO:</b>	<b>TALLA:</b>

ASMA	SINTOMAS DIURNOS		SINTOMAS NOCTURNOS		LIMITACIÓN DE ACTIVIDAD FÍSICA		SEVERIDAD DE ASMA	
	> 1 VEZ A LA SEMANA PERO < 1 VEZ AL DÍA		> 2 VECES AL MES		PUEDE		LEVE PERSISTENTE	
DIARIOS		> 1 VEZ A LA SEMANA		LIMITA		MODERADA PERSISTENTE		
CONTINUOS		FRECIENTES		LIMITA		GRAVE PERSISTENTE		

<b>TRATAMIENTOS PREVIOS, DOSIS y ULTIMA APLICACIÓN</b>	ESTEROIDE	BRONCODILATADOR	RESCATE
<b>FECHA DE INICIO</b>			
<b>ACUDE A CONTROL</b>			

<b>ESPECTRO SONORO</b>	FRECUENCIA MAXIMA INSPIRATORIA	
	FRECUENCIA MAXIMA ESPIRATORIA	

<b>RESISTENCIA DE VIAS AEREAS</b>	RAW	VALOR DE REFERENCIA	<b>ENCONTRADO</b>

