

UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE SONIDOS PULMONARES REGISTRADOS EN PACIENTES CON ASMA BRONQUIAL.

Nóbrega U., Milagro de J.

Rodríguez L., Jesús

miracl4jc@hotmail.com

jrodrig@icnet.com.ve

Área de Exploración Funcional Respiratoria del Departamento de Ciencias Fisiológicas. FCS-
Universidad de Carabobo, Bárbula.

Rodríguez, Luis A.

Cadenas R., Carlos E.

larodri@uc.edu.ve

ccadenas@uc.edu.ve

Dpto. de Matemática, FACYT- Universidad de Carabobo. Venezuela. Tlf. 58 241 8677634.

Resumen. Las enfermedades respiratoria y dentro de ellas, las obstructivas están incluidas entre las primeras causas de morbilidad de la población mundial y por ende la Venezolana. Para su diagnóstico, se emplean los signos, síntomas y la espirometría, una prueba confiable, fácil de realizar que requiere de equipo especializado. La evaluación de la función pulmonar y de la integridad de las vías aéreas mediante una espirometría permite medir los volúmenes pulmonares y la velocidad del flujo aéreo espirado a partir de la capacidad vital en función del tiempo. Como una alternativa se presenta el análisis de sonidos pulmonares. Entre los signos mas importantes para el diagnóstico de la enfermedad obstructiva están los sibilantes que son los sonidos pulmonares que se auscultan cuando pasa el flujo de aire a través de un bronquio estrecho. En este trabajo se diseñó una manera alternativa para el registro y análisis de los sonidos pulmonares con la finalidad de analizar el sonido proveniente de individuos sanos y asmáticos durante una maniobra de espiración forzada. El estudio de la función pulmonar se usó para identificar el tipo de enfermedad pulmonar y cuantificar su extensión. Para el análisis de los sonidos pulmonares se empleó la Transformada rápida de Fourier para obtener las frecuencias de espectro sonoro y luego correlacionarlas con algunas variables espirométricas. Para lo anterior se utilizó un estudio de tipo descriptivo, no experimental de corte transversal y correlacional.

Palabras claves. Sonidos pulmonares, espirometría, asma bronquial, análisis espectral.

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades pulmonares son un problema de salud pública en muchos países del mundo, entre ellas, las más comunes son el asma y la enfermedad broncopulmonar obstructiva crónica (EBPOC), con una prevalencia combinada de 10-25 % en la población adulta [1]. La auscultación y la espirometría son métodos empleados comúnmente para evaluar la función pulmonar. La auscultación es un proceso subjetivo, debido a que la interpretación del sonido depende de la habilidad individual, nivel de experiencia y la capacidad para detectar sonidos o reconocer patrones de enfermedad [2]. La espirometría evalúa a su vez, la integridad de las vías aéreas [3]. Procesos patológicos de carácter inflamatorio o alérgico, producen cambios en la función pulmonar y por ende, en los sonidos pulmonares. En el asma bronquial se produce estenosis de las vías aéreas, lo que hace que el paso de aire a través de ellas sea de manera turbulenta y de menor velocidad, produciéndose un sonido de alta frecuencia, denominado sibilante. El análisis de sonidos pulmonares es un método seguro, no invasivo, de bajo costo, y reproducible. Se cree que mediante el análisis del sonido pulmonar, podrían hallarse cambios patológicos, que no son fácilmente audibles con el estetoscopio común, ni detectables aún con la realización de la espirometría. Algunos autores afirman que los sonidos pulmonares proveen un signo temprano de enfermedad bronquial, incluso antes de lo que puede detectarse con la espirometría [4]. El objetivo de este trabajo fue diseñar una manera alternativa para el registro y análisis de los sonidos pulmonares, eliminando las componentes de ruido. Asimismo, analizar el sonido pulmonar de individuos sanos y asmáticos durante una maniobra de espiración forzada y correlacionar los resultados obtenidos del registro de sonido pulmonar con las variables espirométricas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo transversal, no experimental, descriptiva, comparativa y correlacional. La muestra estuvo constituida por 2 grupos: 9 sujetos sanos y 8 pacientes con asma clínicamente estable mayores de 18 años que acudieron a la consulta médica del Área de Exploración Funcional Respiratoria. A cada individuo se le realizó un interrogatorio y examen físico previa autorización de cada uno según el acta de Helsinki [5]. Se registró la estatura y el peso corporal. Se realizó la espirometría en posición de pie, con una presilla a nivel nasal, simultáneamente, tenía en tórax posterior a nivel de base pulmonar derecha, a 5 cm de la línea paravertebral y a 7 cm por debajo del ángulo escapular, el estetoscopio electrónico, con material aislante de sonido (gel). Luego, se repitió el procedimiento, con el sujeto en posición sentada y el estetoscopio a nivel de tráquea. Se realizaron 3 espirometrías, según los criterios de aceptación dados por la Sociedad Americana del Tórax [6]. Entre cada espirometría, se dejaron transcurrir 10 minutos. El espirómetro se calibró diariamente. Los valores predichos utilizados fueron los de Crapo. Tanto el espirómetro como el estetoscopio se encontraban conectados a una computadora individualmente. El registro de las señales se realizó en un ambiente cerrado, donde la interferencia de ruido fue mínima. Los equipos empleados fueron un espirómetro Spirocard® de la marca comercial QRS, un estetoscopio electrónico Welch Allyn® Meditron™ modelo 5079 402, con su software respectivo (The Analyzer) y 2 computadoras personales.

Los resultados de las espirometrías fueron almacenados en la computadora donde el equipo se encontraba conectado. Los registros de sonido fueron almacenados como formato de audio tipo wav. El análisis de la señal de sonido se realizó utilizando el software MATLAB® (versión 6.0 The Math-Works, Inc., Natick, MA) (con el paquete de procesamiento de señales), para lo cual, se crearon varias secuencias de comandos. Inicialmente, el software mostraba la señal de sonido registrada, importando el archivo wav desde su localización de origen, se seleccionaba el segmento de sonido correspondiente a la espirometría, introduciendo el número que representaba dicho segmento en la secuencia de comandos del archivo de MATLAB, que para cada individuo fue distinto, se filtraba la señal de sonido, mediante un filtro pasa-bajo y uno pasa-alto, con la finalidad de eliminar las componentes de ruido no deseadas. El propósito de usar un filtro de paso-alto fue reducir los ruidos del corazón, músculos y ruidos de contacto. El filtro de paso-bajo se empleó para eliminar el efecto de *aliasing*, el cual, significa que aparecen frecuencias que no se encontraban en la señal original. Finalmente, se aplicaba la Transformada rápida de Fourier. Los picos espectrales seleccionados fueron verificados con docimacia de Fisher K para $K \geq 5$ con una significación de $p < 0,05$. El análisis estadístico se realizó mediante el software "Statistica" (v 4.0, Stasoft®). Se consideró como una distribución libre a la muestra, por lo que se empleó estadística de tipo no paramétrica, realizándose estadística descriptiva, comparación mediante el test de Wilcoxon y correlación de las variables mediante el coeficiente de Spearman.

3. RESULTADOS

La estadística descriptiva de las variables estudiadas y los resultados del test de Wilcoxon pueden verse en las Tablas 1 y 2. Para los sujetos sanos, los porcentajes de predicho de las variables espirométricas se encontraron dentro de lo normal, mientras que en los asmáticos, el VEF₁ y el FEF_{25-75%} se encontraron disminuidos, siendo la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), lo cual se explica debido a la obstrucción existente en la vía aérea producida por inflamación o contracción de la musculatura lisa, la cual permite la entrada de aire pero dificulta su expulsión.

Tabla 1. Estadística descriptiva para las variables espirométricas estudiadas.

Parámetro	Grupo	Mediana	p25	p75	Nivel de p
% de pred	Sanos	98,59	78,44	105,59	p = 0,09
CVF (L)	Asmáticos	83,64	71,59	92,14	
% de pred	Sanos	103,5	83,84	113,29	p = 0,01
VEF ₁ (L)	Asmáticos	70,30	62,85	77,5	
% de pred	Sanos	107,80	102,45	114,10	p = 0,01
VEF ₁ /CVF	Asmáticos	83,94	75,45	90,84	
% de pred	Sanos	126,40	103,00	136,75	p = 0,01
FEF _{25-75%} (L/seg)	Asmáticos	47,09	35,20	65,09	

Tabla 2. Estadística descriptiva para los parámetros de sonido registrado en la tráquea de la muestra estudiada.

Parámetro	Grupo	Mediana	p25	p75	Nivel de p
Frecuencia Mínima (Hz)	Sanos	120	120	120	$p = 0,01$
	Asmáticos	205	195	220	
Frecuencia Máxima (Hz)	Sanos	1400	965	1560	$p = 0,98$
	Asmáticos	1475	885	2025	
Frecuencia fundamental (Hz)	Sanos	652	242	785	$p = 0,49$
	Asmáticos	558	250	818	
Promedio de los picos de frecuencia (Hz)	Sanos	505	314	761	$p = 0,26$
	Asmáticos	656	376	962	

Con relación a las variables de la señal de sonido, hubo diferencia estadísticamente significativa únicamente en la frecuencia mínima siendo mayor en los asmáticos con respecto a los sanos ($p < 0,05$). El estrechamiento en la vía aérea, traería un aumento en la intensidad del sonido, el comienzo de la vibración de la vía aérea afectada y por ende, la modificación del espectro del sonido respiratorio, donde sus componentes se dirigen hacia altas frecuencias, incluso sin la aparición de sibilantes y en etapas tempranas ([7], [8], [9] y [10]). Gavriely y otros [11] afirman cambios en el espectro de sonido en los periodos intercrisis de los pacientes asmáticos. Hubo diferencia estadísticamente significativa entre el sonido registrado en los pulmones con respecto a la tráquea, en las frecuencias mínima y fundamental y en el promedio de los picos de frecuencia, siendo mayores las frecuencias registradas a nivel tráquea ($p < 0,05$), lo que se encuentra representado en la Tabla 3, esto se debe a que los pulmones, la pared torácica e incluso la piel, actúan como un filtro, absorbiendo los componentes de alta frecuencia, además, del efecto que produce el fenómeno de resonancia que hace que la transmisión de sonidos sea mejor en la tráquea ([7] y [12]).

Tabla 3. Estadística descriptiva de los parámetros de sonido registrado en diferentes localizaciones en los asmáticos.

Parámetro	Localización	Mediana	p25	p75	Nivel de p
Frecuencia Mínima (Hz)	Pulmones	180	167	200	$p = 0,02$
	Tráquea	205	195	220	
Frecuencia Máxima (Hz)	Pulmones	815	690	1315	$p = 0,12$
	Tráquea	1475	885	2025	
Frecuencia fundamental (Hz)	Pulmones	247	224	264	$p = 0,02$
	Tráquea	558	250	818	
Promedio de los picos de frecuencia (Hz)	Pulmones	247	231	323	$p = 0,02$
	Tráquea	656	376	962	

En las Figuras 1 y 2, pueden observarse los espectros de sonidos registrados en un grupo y en otro, donde los componentes de la señal de sonido se dirigen hacia altas frecuencias en los asmáticos.

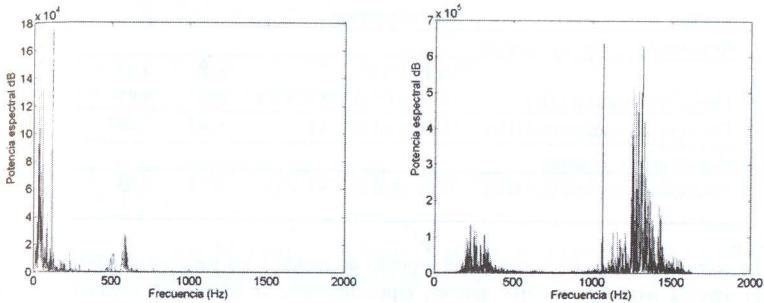


Figura 1. Análisis de frecuencia de la señal de sonido registrado a nivel de tórax posterior en un individuo sano y otro asmático.

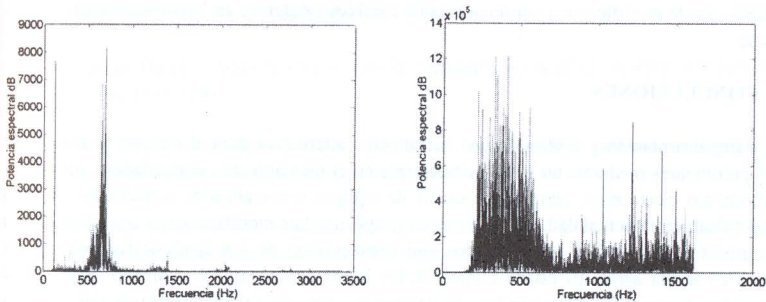


Figura 2. Análisis de frecuencia de la señal de sonido registrado a nivel de tráquea en un individuo sano y otro asmático.

Finalmente, se establece una correlación positiva entre la frecuencia mínima y los valores del índice VEF₁/CVF y su porcentaje de predicho, este último, es el parámetro que se utiliza a nivel clínico para clasificar el grado de obstrucción de las vías aéreas en asmáticos (Tabla 4). Además, hubo una correlación negativa entre la frecuencia fundamental y el porcentaje de predicho de la CVF, lo que ocurrió con el registro realizado tanto a nivel de tórax posterior como en la tráquea.

Tabla 4. Correlación de los parámetros del espectro de sonido con la función pulmonar en el grupo de pacientes asmáticos.

Parámetro del espectro de sonido	Parámetro Espirométrico	Rho	Nivel de p
<i>Registrado en Tórax posterior</i>			
	VEF ₁ /CVF	0,86	0,01
Frecuencia Mínima (Hz)	% de pred de VEF ₁ /CVF	0,86	0,01
Frecuencia Fundamental (Hz)	% de pred de CVF (%)	-0,92	0,007
<i>Registrado en Tráquea</i>			
Frecuencia Fundamental (Hz)	% de pred de CVF (%)	-0,74	0,03

La correlación entre las variables del espectro de sonido y los parámetros espirométricos, ha sido descrita también por otros autores, específicamente la correlación negativa entre la frecuencia fundamental y el VEF₁, lo que difiere de lo obtenido en el presente estudio [8]. Otros parámetros como el pico flujo espiratorio (PEFR) han sido relacionados con los cambios en la auscultación de los asmáticos, lo que no se evidenció en el presente estudio [4]. Estas correlaciones pudieran traducir que el sonido que se produce por el paso de aire a través de las vías aéreas, puede modificarse a consecuencia de cambios existentes en las mismas en pacientes asmáticos.

4. CONCLUSIONES

La implementación y diseño de una herramienta alternativa para el registro y análisis de sonidos pulmonares mediante un software accesible en el mercado, una computadora personal y un estetoscopio electrónico, permite prescindir de equipos especializados sumamente costosos que se emplean en la actualidad para ese mismo propósito. Las modificaciones que se producen en el espectro de sonido en los asmáticos son consecuencia de los cambios fisiopatológicos existentes en la vía aérea. El estado clínico de los bronquios puede ser evaluado tanto con la espirometría como por el análisis de los sonidos pulmonares, ya que existe correlación entre los hallazgos que refleja cada uno, por lo que se recomienda que ambos métodos sean complementarios en la evaluación de pacientes asmáticos.

5. TRABAJOS FUTUROS

El análisis de otras variables derivadas del espectro sonoro podría ser campo de numerosas investigaciones que se realicen en el futuro. En el caso del asma bronquial, el grado de obstrucción del paciente y el sonido generado por dichas vías aéreas podría ser un tema abordado en próximas investigaciones. Además, el análisis del sonido de otras patologías respiratorias pudiera contribuir a mejorar el conocimiento que existe sobre el tema, ayudando al diagnóstico precoz y a decidir la terapéutica instaurada individualizada en este tipo de pacientes.

REFERENCIAS

- [1]. Global Initiative for Asthma (1995). *Global Strategy for Asthma Management and prevention*. NHLBI/WHO Report. NIH Publ No 95-3659.
- [2]. Bettencourt E, Del Bono B, Spiegelman E, Hertzmark R y Murphy A (1994). Clinical utility of chest auscultation in common pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*;150:1291-97.
- [3]. Zibrack J (1990). Diagnosis and treatment. Indications for pulmonary function testing. *Ann Intern Med* 17-8.
- [4]. Gavriely N, Nissan M, Cugell D y Rubin A (1994). Respiratory health screening using pulmonary function tests and lung sound analysis. *Eur Respir J*, 7: 1, 35-42.
- [5]. Helsinki (1964). *Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial*. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial. Finlandia y enmendada por la 29 Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, octubre de 1975, la 35 Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, octubre de 1983 y la 41 Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, septiembre de 1989.
- [6]. American Thoracic Society (ATS) (1987). Standardization of spirometry. *Am Rev of Respir Dis*, 136: 1285-1298.
- [7]. Schreur H y Vanderschoot J (1994). Abnormal lung sounds in patients with asthma during episodes with normal lung function. *Chest*, 106, 91-99.
- [8]. Malmberg y col. (1994). Changes in frequency spectra of breath sounds during histamine challenge test in adult asthmatics and healthy control subjects. *Chest*, 105, 122-131.
- [9]. Malmberg L, Pesu L y Sovijärvi A (1995). Significant differences in flow standardised breath sound spectra in patients with chronic obstructive pulmonary disease, stable asthma, and healthy lungs. *Thorax*, 12, 50: 12, 1285-91.
- [10]. Lotvall J, Inman M y O'Byrne P (1998). Measurement of airway hyperresponsiveness: new considerations. *Thorax*;53:419-424.
- [11]. Gavriely N, Nissan M, Cugell D y Rubin A (1995). Spectral characteristics of chest wall breath sound in normal subjects. *Thorax* 50: 1292-1300.
- [12]. Dalmay F, Antonini M, Marquet P y Menier R (1995). Acoustic properties of the normal chest. *Eur Respir J*; 8: 1761 - 1769.