

# Sistema de adquisición de fonocardiogramas de feto basado en Lab View

MyT2017-062

J.Granados Samaniego<sup>1</sup>, F.Tavera Romero<sup>1</sup>, A. Cid Reborido<sup>1</sup>, R.T. Hernández López<sup>1</sup>, G. Zariñán Santiago<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> División de CBI. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Del. Azcapotzalco, México D. F., México.

jalgras@yahoo.com

Casa abierta al tiempo  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Azcapotzalco

Laboratorio de  
Óptica

## Resumen

Se presenta un sistema computarizado de adquisición y análisis de fonocardiogramas obtenidos de fetos con edades entre 20 y 40 semanas de gestación, basado en los principios de la instrumentación sintética. Se utiliza un estetoscopio electrónico vinculado a una computadora para la captura de la onda acústica para posteriormente, hacer el procesamiento de la señal discriminando los sonidos añadidos a causa del movimiento intestinal de la madre, del corazón de ésta, de las turbulencias en el líquido amniótico, etc. Con el análisis de la señal acústica del feto se pueden detectar diversas cardiopatías prenatales como soplos, arritmia, o alguna malformación en el corazón.

## I. INTRODUCCIÓN

La fonocardiografía es el proceso en el cual se capturan los sonidos provenientes del corazón y se muestran en la forma de una imagen.



Figura 1. Se muestra la pantalla en LabVIEW de un fonocardiograma de adulto.

El origen de este procedimiento es muy antiguo y dio lugar a la llamada Fonomecanocardiografía que fue desarrollada en México por el Dr. Bernardo Fishleder en los años 70's en el Instituto Nacional de Cardiología. Esto fue uno de los fundamentos más importantes en el entrenamiento o residencia de los futuros Cardiólogos. Mediante la auscultación con estetoscopio y la interpretación de los sonidos cardiacos, el Médico especialista era capaz de diagnosticar enfermedades del corazón sencillas y complejas. Con el advenimiento de estudios basados en alta tecnología como la electrocardiografía, el ultrasonido, la Ecografía, la Resonancia Magnética y la Tomografía por emisión de positrones el entrenamiento acústico de los futuros médicos se diluyó. Para hacer un diagnóstico de las enfermedades del corazón se requiere escuchar el sonido que éste emite. Actualmente se ha encontrado que las enfermedades del corazón pueden clasificarse según la causa que las origina como:  
Enfermedades por falta de irrigación sanguínea al músculo cardíaco.  
Enfermedad del músculo cardíaco.  
Enfermedades de las válvulas del corazón.  
Malformaciones en los conductos de entrada o salida del fluido sanguíneo al corazón.  
Enfermedades causadas por alteraciones en las señales eléctricas que regulan los movimientos cardiacos.  
Enfermedades de la envoltura del corazón, el pericardio.

## II.

Los sonidos que emite el corazón y que se registran en un Fonocardiograma (FCG) se deben principalmente al movimiento de las válvulas del corazón al abrir o cerrar para recibir sangre en sus cavidades y para bombearla a los pulmones o a la circulación corporal. Aunque también se deben a las posibles turbulencias del movimiento del líquido sanguíneo originadas por estrechamientos o malformaciones en los conductos como venas, arterias y otros, figura 2. Otra causa de los ruidos cardiacos pueden ser las lesiones o alteraciones en las válvulas o en las cavidades cardiacas, lo que puede causar un deficiente cerrado de las válvulas y retornos del fluido sanguíneo al corazón [20]. En principio las válvulas se abren y cierran coordinadamente por pares durante el ciclo cardíaco. En la diástole, que es el momento en que las cavidades del corazón llamadas aurículas se llenan de sangre, las válvulas tricúspide y mitral se abren y las válvulas pulmonar y aórtica se cierran. En la sístole, el momento en el cual el corazón se contrae y expulsa o bombea la sangre las válvulas pulmonar y aórtica se abren y las válvulas mitral y tricúspide se cierran. Estos movimientos coordinados, en un corazón idealmente sano provocan solo dos sonidos, muy cercanos en el tiempo.

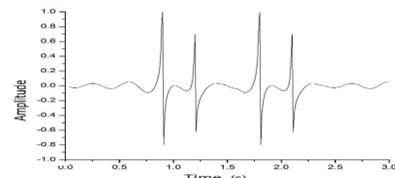


Figura 2. Simulación de los sonidos cardiacos en un corazón idealmente sano. Los picos principales se denominan S1 y S2.

## III.

Aunque el tema de la Fonocardiografía ha generado muchos artículos de investigación en el transcurso de los años y ha originado diversos métodos para interpretar los FCG, con diferentes grados de dificultad matemática, diferentes enfoques y en diferentes países, nuestro grupo de trabajo ha propuesto una técnica simple basada en el origen y la observación directa del registro acústico y en la ubicación y altura de los picos, los intervalos de tiempo entre los sonidos y la forma general de la onda, asociando las diversas alteraciones en las imágenes de los sonidos a padecimientos cardiacos ya diagnosticados. En la tabla I se muestra un resumen de 15 posibles alteraciones y las causas asociadas.

Tabla I. Aunque las posibles enfermedades cardiacas asociadas a las alteraciones en la forma de la onda del sonido son muchas, en la tabla se mencionan algunos casos

Caso	Alteración	Posible causa
1	Separación en S1	Mixoma en Aurícula. Defecto septal atrial
2	Separación en S2	Estenosis Aórtica. Cardiomiopatía Hipertrofica
3	Tercer sonido S3	Regurgitación Mitral. Cardiomiopatía Isquémica
4	Cuarto sonido S4	Estenosis Aórtica. Hipertensión Arterial Pulmonar
5	Golpe de apertura	Estenosis Mitral. Estenosis Tricúspidea
6	Sonido de Eyección	Estenosis Aórtica. Estenosis Pulmonar
7	Click a media Sístole	Cardiomiopatía Hipertrofica. Prolapso Mitral Valve
8	Soplo Holosistólico	Regurgitación Mitral y Tricúspidea.
9	Soplo sistólico temprano	Severa estenosis pulmonar
10	Soplo sistólico tardío	Cardiomiopatía Hipertrofica. Estenosis Pulmonar
11	Soplo sistólico medio	Regurgitación Mitral. Cardiomiopatía Hipertrofica. Coartación Aórtica Estenosis Aórtica y Pulmonar
12	Soplo Diastólico temprano	Regurgitación Aórtica y Pulmonar
13	Soplo a Media Diástole	Regurgitación Aórtica y Mitral. Defecto Septal Atrial
14	Soplo Presistólico	Estenosis Mitral y aórtica. Regurgitación Tricúspidea
15	Soplo Continuo	Fístula Cameral coronaria. Embolismo Pulmonar

## IV.

La Fonocardiografía es ahora un procedimiento de diagnóstico que se aplica también a mujeres embarazadas para diagnosticar posibles lesiones en el corazón del bebé aun no nacido. La llamada Fonocardiografía fetal es un procedimiento totalmente seguro y no invasivo que se puede utilizar en cualquier semana del embarazo y que viene a ocupar un lugar preferente en comparación de otros procedimientos como el electrocardiograma fetal, el ultrasonido fetal, la tococardiografía, ya que estos son procedimientos que involucran ciertos riesgos al feto en crecimiento.

## V.

Para adquirir la señal acústica del bebé a través de la pared abdominal de la madre se utilizó un estetoscopio electrónico marca Littmann modelo 3200, el cual se enlaza por vía bluetooth con una computadora, se hace una auscultación de corazón de la madre en posición decúbito supino de 30 segundos, después se realizan las maniobras de Leopold para establecer la posición del nonato y colocar de forma óptima el estetoscopio, y se inicia la auscultación del corazón del bebe. Ambos registros (madre-hijo) quedan guardados en un solo archivo el cual posteriormente se utiliza el software LabVIEW para leer las ondas acústicas y procesar las imágenes.

## VI.

En un adulto para obtener el FCG se le coloca en el pecho, en puntos específicos sobre el corazón, el estetoscopio electrónico, el cual registrará primordialmente los sonidos cardiacos. En el caso de los nonatos al estar ubicados dentro del cuerpo de la madre, el FCG registrará los sonidos que no solo provienen del corazón del infante, sino que se agregan también el del corazón de la mamá y aquellos producidos por el movimiento intestinal y del líquido amniótico. Para realizar el fonocardiograma fetal primeramente se tiene que ubicar al bebé dentro de la cavidad uterina y esperar a que el bebé se coloque en una posición relajada, cuando el bebé empieza a sentir una presencia extraña, se esconde, por tanto, se debe esperar a que se tranquilice y se pueda ubicar el mejor punto en donde colocar el estetoscopio.

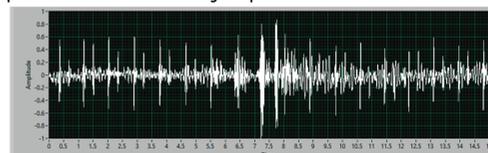


Figura 3 (a)

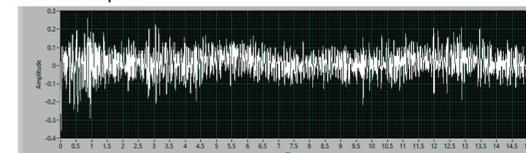


Figura 3 (b)

Fonocardiogramas de 15 segundos de duración de mujer de 20 años y 32 semanas de embarazo (a) y fonocardiograma del nonato (b).

## VII.

El uso de los protocolos y técnicas en un futuro deberían ser estandarizadas para todos los países, fomentando revisiones continuas, así como actualizaciones de médicos, radiólogos, técnicos, físicos y médicos.

Cada hospital debe contar con programas de garantía y control de calidad, regidos por normas vigentes, sabiendo que los equipos y el personal están trabajando de manera correcta. Desarrollar nuevas tecnologías, como aparatos de medición, principalmente en medidores de dosis, como cámaras de ionización y dosímetros, que permitan un mejor control dosimétrico y poder tener un historial dosimétrico, permitiendo comparar resultados entre cada hospital así como colaborar para el análisis de sus niveles de dosis, actuando de manera oportuna hacia un diagnóstico y tratamiento eficaz para cada paciente, al optimizar la dosis en pacientes, se optimiza también en la recibida por cada personal ocupacionalmente expuesto.

## VIII.

El Fonocardiograma es un registro de los sonidos que emite el corazón, realizándose el diagnóstico de las enfermedades por medio de reconocimiento de imágenes. La fonocardiografía fetal es un procedimiento de diagnóstico de alteraciones cardiacas en el desarrollo de la gestación del bebé, el cual es un procedimiento seguro, no invasivo y de muy bajo costo.

## IX.

- Guadalajara B 2015 Gaceta Médica (México) 151 260-5
- Fishleder B 1966 Exploración cardiovascular y fonomecanocardiografía clínica (México, La Prensa Médica Mexicana)
- Einthoven W, and Geluk M 1894 Die Registrierung, Der Herztöne. Pflügers Arch Ges Physiol pp 57- 617
- Leatham A Auscultation of the Heart 1958 (London, Lancet) 2 7049 703-8
- Suton G and Leadam A1968 Second Heart Sound in pulmonary Hypertension (Br Heart) 30 6 743-56
- Stel I 1952 The murmur of high pressure in the pulmonary artery Med Chron (Manchester) 9 1888-9
- Harvey W 1968 Some newer and poorly recognized findings with clinical auscultation. (I) Mod Concepts Cardiovasc Dis. 1968;37(3):85-8
- Adolf R 1970 The second heart sound: a screening test for heart disease Mod Concepts Cardiovasc Dis. 1970;39(4):91-6
- Perloff J 1964 Clinical recognition of aortic stenosis Prog Cardiovasc Dis. 10:323-9
- Leatham A 1987 Auscultation and phonocardiography: a personal view of the past 40 years (Br Heart) 57(5):397-403
- Mangione S, Nieman L, Gracely E, and Kaye D 1993 The teaching and practice of cardiac auscultation during internal medicine and cardiology training (Ann Intern Med) 119(1):47-54
- Shaver J, Salemi R, and Reddy P 1985 Normal and abnormal heart sounds in cardiac diagnosis, Part I: Systolic sounds Current Problems in Cardiology 10(3): 1-68
- Reddy P, Salemi R, and Shaver J 1985 Normal and abnormal heart sounds in cardiac diagnosis, Part II: Diastolic sounds Current Problems in Cardiology 10(4): 1-55
- Akay A, Semmlow J, Welkowitz W, Bauer M, and Kostis J 1990 Detection of coronary occlusions using autoregressive modeling of diastolic heart sounds (IEEE Transactions on Biomedical Engineering) 37(4), 366-373
- Stein P and Sabbah H 1980 Intensity of the second heart sound: Relation of physical, physiological and anatomic factors to auscultatory evaluation Henry Ford Hospital Medical Journal 28(4) pp 205-209
- Wang J, Tie B, Welkowitz W, Semmlow J, and Kostis J 1990 Modeling sound generation in stenosed coronary arteries (IEEE Transactions on Biomedical Engineering) 37(11), 1087-1094
- Frederberg J 1977 Origin and character of vascular murmurs: Model studies Journal of the Acoustical Society of America 61(4),1077-1085
- Granados J, Rodríguez L and Velázquez J 2010 Phonocardiograph signals acquisition and analysis system Proceedings of the 1st. International Congress on Instrumentation and Applied Sciences (México)
- Granados J, Tavera F, Velázquez J, López G, Hernández R and Morales A 2014 Fonocardiografía asistida por computadora, Memorias del V Congreso Nacional de Tecnología aplicada a ciencias de la salud (México)
- Granados J, Tavera F, Velázquez J, López G, Hernández R and Morales A 2015 Acoustic heart. Interpretation of Phonocardiograms by Computer, Journal of Physics: Conference Series 582 012057
- Granados J, Tavera F, López G, Velázquez J, Hernández R and López G G. 2017 From Phonomecanocardiography to Phonocardiography computer aided. , Journal of Physics: Conference Series 792 012060
- Balogh A.T., Kádár K., Nagy A., Varga Z. and Kovács F. 2012. "Detection of Fetal heart murmur related to congenital heart diseases," prepared for submission, 104.
- Balogh A.T. and Kovács F. "Applications of Phonocardiography on preterm infants with patent ductus arteriosus". Biomedical Signal Processing and Control, vol.6, no. 4, pp. 337 -345, 2011.
- Kovács F., Horváth C., Balogh A.T. and Hosszu G. "Fetal Phonocardiography Past and future possibilities". Computer Methods and Programs in Biomedicine. Vol 104, no. 1, pp. 19 - 25, 2011.
- Germanakis I., Ditttrich S., Perakaki R. and Kalmanti M. "Digital Phonocardiography as a screening tool for heart disease in childhood". Acta Paediatrica, vol 97, no. 4, p 470 - 473, 2008.
- Gersh, B.J. 2001. "Guía para la salud del corazón. Clínica Mayo. Libro del Corazón". Segunda edición. William Morrow and Company, Inc. New York.
- F. Kovács, C.Horváth, A.T. Balogh and G. Hosszu. "Extended noninvasive fetal monitoring by detailed analysis of data measured with phonocardiography", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol 58, no. 1, pp. 64 - 70, 2011