



Sistema de adquisición de fonocardiogramas de feto basado en Lab View

J.Granados^a, F.Tavera^a, A. Cid^a, R.T. Hernández^a, G. Zariñán^a.

^a División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco
jalgras@yahoo.com, fer8707@gmail.com, acr@azc.uam.mx, hirt@correo.azc.uam.mx,
gzari27@gmail.com

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 un adulto.

El origen de este procedimiento es muy antiguo [3] y dio lugar a la llamada Fonomecanocardiografía que fue desarrollada en México por el Dr. Bernardo Fishleder [2] 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 [1].

Adicionalmente por ser de alto costo y requerir instalaciones y personal especializado dichos estudios no están al alcance de grandes sectores de la población. Por otro lado, la Fonocardiografía es un procedimiento muy rápido que se puede efectuar en cualquier lugar con equipo portátil y de muy bajo costo siendo además no invasivo y seguro.

VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León



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 [27]:

- 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 cardíacos.
- Enfermedades de la envoltura del corazón, el pericardio.

Las enfermedades del corazón pueden ser congénitas, se nace con ellas, o pueden ser provocadas por alguna otra anomalía, por ejemplo, colesterol elevado, por diabetes, por presión arterial alta, por fiebre reumática o por otras enfermedades en otros órganos, como es el caso de alteraciones en el funcionamiento de la Tiroides, así como también pueden ser provocadas por el consumo de ciertos medicamentos. En una persona pueden estar presentes una o más de dichas enfermedades.

II. EL ORIGEN DE LOS RUIDOS CARDIACOS

En el fonocardiograma quedan registrados cada uno de los sonidos que emite el corazón por lo que es necesario conocer cómo se originan estos sonidos. Las causas por las cuales se originan los ruidos cardiacos se describen a continuación.

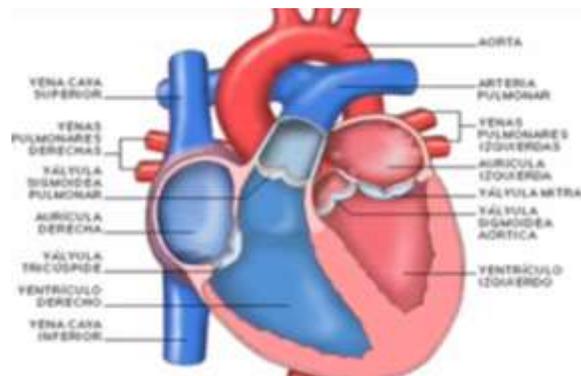


Figura 2. El esquema muestra las cavidades, válvulas del corazón, las arterias y venas principales

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 cardiaco. 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, que los escuchamos como duum dum, pero en forma repetitiva, aproximadamente 70 veces por minuto, en un adulto. Esto es lo que llamamos frecuencia cardiaca o pulso. En el lenguaje de la Fonocardiografía estos sonidos se simbolizan como S1 y S2. En la imagen del sonido, fig. 3 en la gráfica de intensidad vs tiempo, se observarán como dos picos de diferente altura que se repiten en forma regular, en intervalos de tiempo iguales.

VIII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

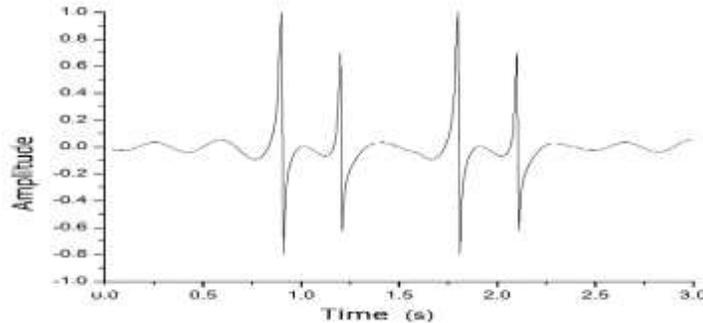


Figura 3. Simulación de los sonidos cardiacos en un corazón idealmente sano. Los picos principales se denominan S1 y S2.

Pero en la realidad se pueden presentar variantes al comportamiento ideal. Si el corazón estuviera presentando una arritmia, entonces el intervalo de tiempo entre cada pareja S1, S2 es distinto. O si por ejemplo, si una de las dos válvulas que deben cerrarse simultáneamente en S1 o en S2 se retrasa, aparecerán, en lugar de un sonido, dos muy juntos en el tiempo, Sa y Sb. Esto se conoce como Split en S1 o en S2 y entonces en la imagen del sonido ya no aparecerán solo dos sino tres picos. Otras situaciones más complejas son cuando aparecen sonidos muy próximos en paquetes de corta duración y de forma irregular, normalmente entre los pares S1 y S2, los cuales se conocen como soplos cardiacos.

III. PROPUESTAS DE INTERPRETACIÓN

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 [22].

Caso	Alteración	Posible causa
1	Separación en S1	Mixoma en Aurícula, Defecto septal atrial
2	Separación en S2	Estenosis Aórtica. Cardiomiopatía Hipertrófica
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 Hipertrófica. Prolapso Mitral Valve
8	Soplo Holosistólico	Regurgitación Mitral y Tricúspidea.
9	Soplo sistólico temprano	Severa estenosis pulmonar
10	Soplo sistólico tardío	Cardiomiopatía Hipertrófica. Estenosis Pulmonar
11	Soplo sistólico medio	Regurgitación Mitral. Cardiomiopatía Hipertrófica. Coartación Aórtica Estenosis Aórtica y Pulmonar
12	Soplo Diastólico temprano	Regurgitación Aórtica and Pulmonar
13	Soplo a Media Diástole	Regurgitación Aórtica y Mitral. Defecto Septal Atrial
14	Soplo Presistólico	Estenosis Mitral y aortica. Regurgitación Tricúspidea
15	Soplo Continuo	Fístula Cameral coronaria. Embolismo Pulmonar

VIII

CONGRESO
NACIONAL DE
TECNOLOGÍA
APLICADA A
CIENCIAS DE
LA SALUD

15-17
JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León



IV. LA FONOCARDIOGRAFÍA FETAL

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. EL SISTEMA DE MEDICIÓN

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.



Figura 4. Se muestran los componentes básicos del sistema de medición.

VI. DIFERENCIAS ENTRE FCG EN ADULTOS Y EN NONATOS

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.

VIII

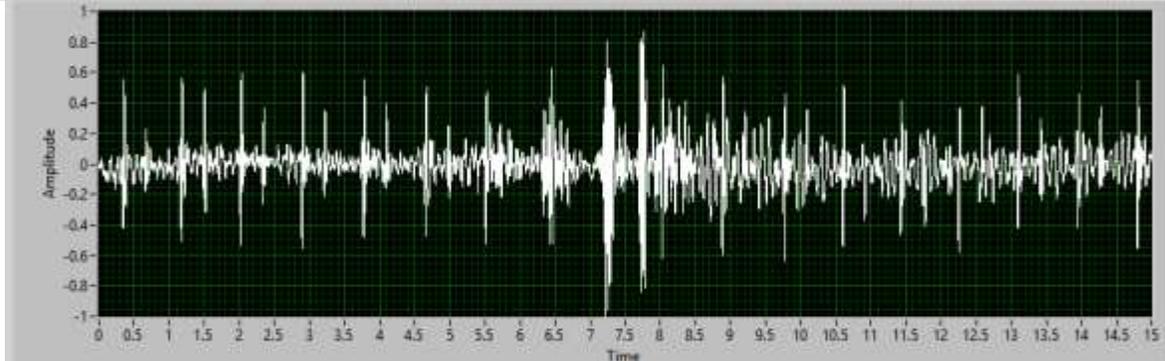
CONGRESO
NACIONAL DE
TECNOLOGÍA
APLICADA A
CIENCIAS DE
LA SALUD15-17
JUNIO, 2017"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León

Figura 5. Fonocardiograma de 15 segundos de duración de mujer de 20 años de edad con 32 semanas de embarazo.

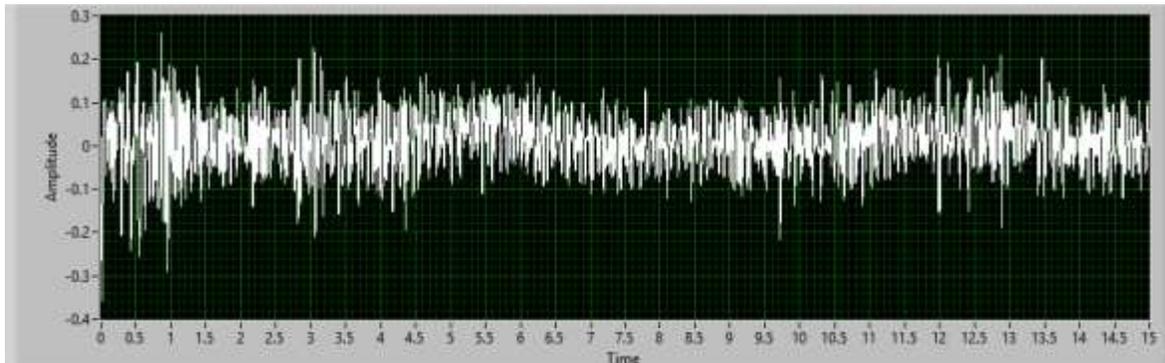


Figura 6. Fonocardiograma de un nonato de 32 semanas de gestación, hijo de la mujer mencionada en la figura 5.

Por tal motivo para la interpretación correcta del FCG fetal es necesario separar y analizar los sonidos que emite el corazón del bebé.

VII. REPORTE DE CASOS

En la literatura científica reciente se reportan varios casos de éxito al detectar mediante la Fonocardiografía fetal casos de Patent ductus arteriosus. En dichos casos fue notoria la aparición de un soplo continuo [23].

Se buscó la periodicidad de los pulsos más altos, así como su variabilidad en el tiempo. Cinco parámetros son muy importantes para detectar una enfermedad cardíaca en el feto: la intensidad, la longitud, su presencia en el tiempo, la frecuencia y la forma de la envolvente.

VIII. CONCLUSIONES

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 cardíacas en el desarrollo de la gestación del bebé, el cual es un procedimiento seguro, no invasivo y de muy bajo costo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Guadalajara B 2015 *Gaceta Médica* (México) 151 260-5
2. Fishleder B 1966 *Exploración cardiovascular y fonomecanocardiografía clínica* (México, La Prensa Médica Mexicana)
3. Einthoven W, and Geluk M 1894 *Die Registrierung, Der Herztöne. Pflügers Arch Ges Physiol* pp 57- 617
4. Leatham A *Auscultation of the Heart* 1958 (London, Lancet) 2 7049 703-8
5. Suton G and Leadam A 1968 *Second Heart Sound in pulmonary Hipertension* (Br Heart) 30 6 743-56
6. Stel I 1952 *The murmur of high pressure in the pulmonary artery Med Chron* (Manchester) 9 1888-9

VIII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17
JUNIO, 2017

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL
Monterrey, Nuevo León



7. Harvey W 1968 *Some newer and poorly recognized findings with clinical auscultation. (I) Mod Concepts Cardiovasc Dis.* 1968;37(3):85-8
8. Adolf R 1970 *The second heart sound: a screening test for heart disease Mod Concepts Cardiovasc Dis.* 1970;39(4):91-6
9. Perloff J 1964 *Clinical recognition of aortic stenosis Prog Cardiovasc Dis.* 10:323-9
10. Leatham A 1987 *Auscultation and phonocardiography: a personal view of the past 40 years (Br Heart)* 57(5):397-403
11. 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
12. Shaver J, Salerni 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
13. Reddy P, Salerni 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
14. 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
15. 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
16. 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
17. Fredberg J 1977 *Origin and character of vascular murmurs: Model studies Journal of the Acoustical Society of America* 61(4),1077-1085
18. 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)*
19. 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)*
20. 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
21. 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
22. 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.
23. 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.
24. Kovács F., Horváth C., Balogh A.T. and Hosszú G. "Fetal Phonocardiography Past and future possibilities". *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. Vol 104, no. 1, pp. 19 – 25, 2011.
25. Germanakis I., Dittrich 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.
26. Gersh, B.J. 2001. "Guía para la salud del corazón. Clínica Mayo. Libro del Corazón". Segunda edición. William Morrow and Company, Inc. New York.
27. F. Kovács, C.Horváth, A.T. Balogh and G. Hosszú. "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