

Procesado de señales fonocardiográficas.

Objetivos

Con esta actividad se pretende estimular al alumnado para alcanzar las siguientes competencias transversales, incluidas en el documento de Verificación de la Titulación:

- G1 - Capacidad de análisis y síntesis: Encontrar, analizar, criticar (razonamiento crítico), relacionar, estructurar y sintetizar información proveniente de diversas fuentes, así como integrar ideas y conocimientos.
- G2 - Capacidad de organización y planificación así como capacidad de gestión de la Información.
- G3 - Capacidad de comunicación oral y escrita en el ámbito académico y profesional con especial énfasis, en la redacción de documentación técnica.
- G4 - Capacidad para la resolución de problemas.
- G5 - Capacidad para tomar decisiones basadas en criterios objetivos (datos experimentales, científicos de simulación disponibles) así como capacidad de argumentar y justificar lógicamente dichas decisiones, sabiendo aceptar otros puntos de vista.
- G6 - Capacidad para el uso y aplicación de las TIC en el ámbito académico y profesional.
- G7 - Capacidad de comunicación en lengua extranjera, particularmente en inglés.
- G8 - Capacidad de trabajo en equipo.
- G9 - Capacidad para el aprendizaje autónomo así como iniciativa y espíritu emprendedor
- G10 - Motivación por la calidad y la mejora continua, actuando con rigor, responsabilidad y ética profesional.
- G11 - Capacidad para adaptarse a las tecnologías y a los futuros entornos actualizando las competencias profesionales.
- G12 - Capacidad para innovar y generar nuevas ideas.

Descripción

El corazón es un sistema complejo que tiene una respuesta mecánica (los latidos) a una excitación eléctrica (los impulsos eléctricos que se generan en el nodo sinusal). El electrocardiograma (ECG) es por excelencia la forma, no invasiva y sencilla, de obtener información de esa excitación.

El corazón humano es una cavidad muscular, que con un doble bombeo permite la circulación de la sangre a través de los vasos y venas del cuerpo humano. El corazón está dividido en dos mitades, el corazón izquierdo y el corazón derecho.

La parte derecha del corazón bombea la sangre a los pulmones y su circulación se conoce como circulación pulmonar o menor, mientras que el bombeo de la parte izquierda del corazón es el responsable de proporcionar oxígeno y nutrientes a todos los órganos importantes y al cuerpo humano por completo, y se conoce como circulación sistémica o mayor.

Hay cuatro cavidades: aurículas izquierda y derecha y ventrículos izquierdo y derecho. La sangre que circula a través de las cavidades se regula mediante un conjunto de válvulas: tricúspide, bicúspide o mitral, pulmonar y aórtica.

El ciclo del bombeo cardíaco se divide en dos partes: sístole (periodo de contracción del músculo cardíaco) y diástole (periodo de relajación).

Durante las fases de la sístole y la diástole, se producen sonidos audibles provocados por la apertura y el cierre de las válvulas cardíacas, el flujo de la sangre a través del corazón y la vibración de músculos del corazón. La auscultación cardíaca es el procedimiento clínico que se utiliza para escuchar los latidos del corazón, pero requiere de entrenamiento y es un procedimiento subjetivo. Por ello, entre las posibles formas no invasivas de conocer la respuesta mecánica del corazón está el registro de los sonidos cardíacos o fonocardiograma (FCG), que se toma en una región muy cercana al corazón y destaca por su sencillez y bajo costo. El procesamiento de las señales FCG basado en características acústicas tiene la ventaja de convertir el esquema de diagnóstico por auscultación en un proceso más objetivo.

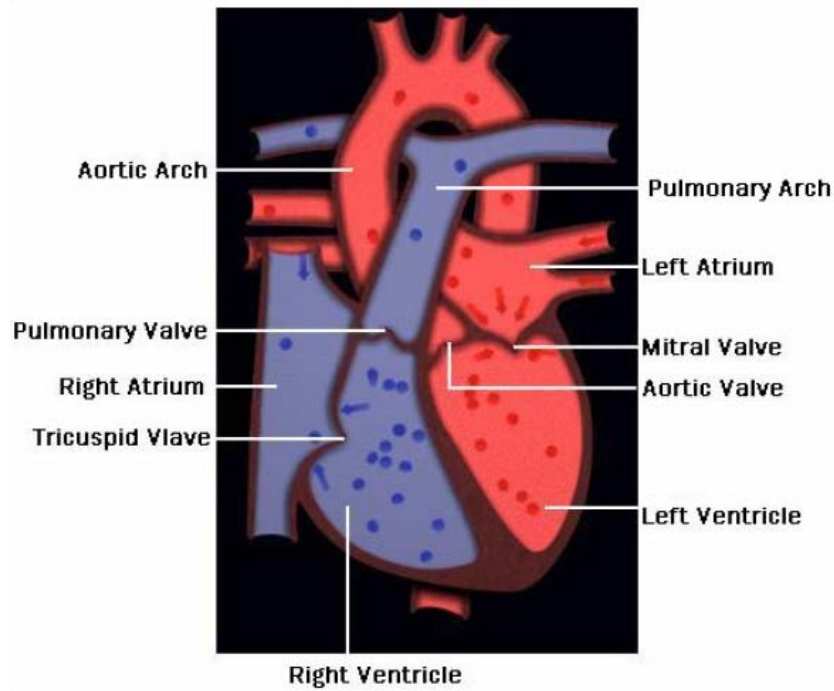


Figura 1. Estructura interna del corazón.

El sonido normal del corazón contiene patrones de sonido que ocurren en el momento en que se cierran las válvulas. Normalmente se generan cuatro sonidos en el ciclo cardíaco, S1, S2, S3 y S4.

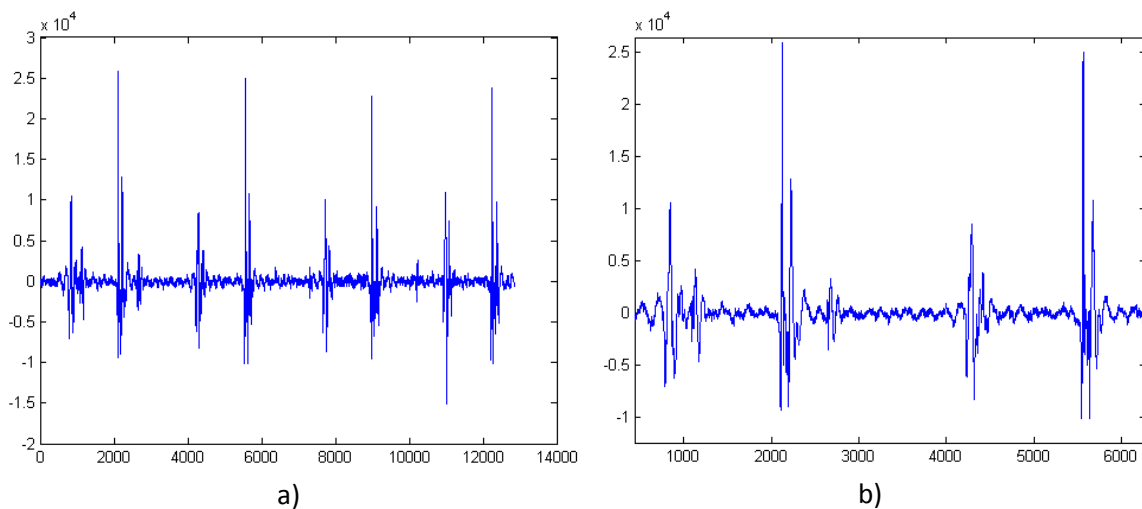


Figura 2. a) FCG de un corazón normal; b) Detalle del FCG mostrado en a).

El primer y segundo sonido (S1 y S2, respectivamente), son fácilmente audibles en un corazón sano a través del estetoscopio situado en la zona próxima del pecho. El primer sonido, S1, es conocido entre los médicos como 'lub'; mientras que el segundo sonido, S2, es conocido como 'dub'. El tercer sonido, S3, (con una energía relativamente baja) tiene lugar después del S2, y normalmente se detecta en niños y adolescentes, pero no en adultos. El cuarto sonido, S4, que ocurre antes del S1, y tiene una amplitud significativamente menor que los otros tres sonidos cardiacos, es un sonido que rara vez es detectable en individuos sanos con un estetoscopio convencional, pero sí es detectable con sensores con alta sensibilidad, como estetoscopios digitales o sistemas fonocardiográficos.

En un corazón normal transcurre menos tiempo entre la secuencia lub-dub que entre la secuencia dub-lub, cuando el ritmo cardiaco es de menos de 140 pulsaciones por minuto.

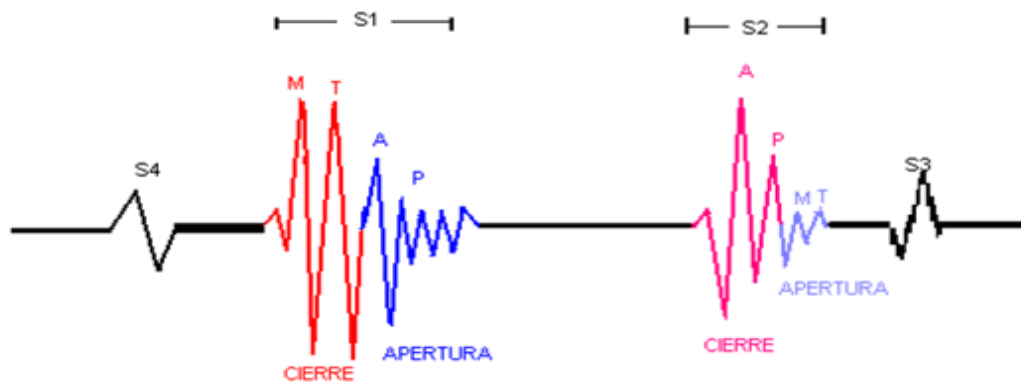


Figura 3. Sonidos del fonocardiograma, con su origen.

El sonido S1 ocurre en el principio de la sístole ventricular, es el sonido que producen las válvulas mitral y tricúspide al cerrarse, y precede al primer silencio (la sístole) donde se llenan las aurículas de sangre. Está caracterizado por una elevada amplitud y una larga duración en comparación con los otros sonidos. S1 tiene una duración aproximada entre 100ms y 200ms. Las componentes frecuenciales están comprendidas entre 20-150Hz, cuyas frecuencias con mayor potencia se sitúan entre 30 y 45Hz. Tiene dos componentes principales de alta frecuencia dentro del rango de frecuencias especificado anteriormente [1]. El retardo entre estas componentes es conocido en la comunidad médica como split, y es de importancia para el diagnóstico.

El segundo sonido, S2, se produce al inicio de la sístole ventricular, a consecuencia del cierre de las válvulas aórtica y pulmonar, que preceden al segundo silencio (la diástole) donde se llenan de sangre los ventrículos. Después de este segundo silencio se repite S1.

Las componentes frecuenciales del sonido S2 se concentran entre el rango de 50 a 70Hz [2]. El sonido tiene dos componentes de alta frecuencia, con una diferencia entre ellas de menos de 30ms, una perteneciente al cierre de la válvula aórtica y la otra componente perteneciente al cierre de la válvula pulmonar. Las componentes de S2 son de mayor frecuencia comparadas con las componentes de S1, pero de menor duración [1].

Tabla 1. Resumen con las características temporales y frecuenciales de los diferentes sonidos [3]:

Ruido	Duración (ms)	Rango frecuencial (Hz)
S1	100 - 200	10 - 150
S2	80 - 140	50 - 70
S3	40 - 50	20 - 50
S4	40 - 50	<25

Cuando se sospecha de una enfermedad cardíaca, y para su detección, la auscultación es una de las técnicas más utilizadas. Además de los sonidos mencionados, se pueden presentar otro tipo de ruidos que están relacionados con alguna enfermedad. También cambian las características acústicas de los sonidos en intensidad, tiempo, tono, etc. Entre otros sonidos anómalos podemos encontrar:

- **Sonido Cardíaco con Extrasístole:**

La extrasístole es un sonido que aparece ocasionalmente y que se puede identificar porque queda fuera del ritmo cardíaco normal. Puede ser de tipo "lub-lub dub" o "lub dub-dub". La extrasístole no tiene por qué representar la existencia de una enfermedad, de hecho, ocurre muy normalmente en adultos, y puede ser muy común en niños. Sin embargo, en algunas ocasiones puede ser síntoma de una enfermedad cardíaca, que si es detectada de forma temprana, el tratamiento suele ser mucho más efectivo.

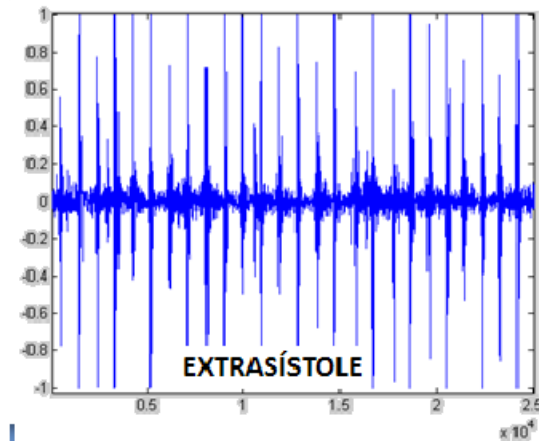


Figura 4. FCGs correspondientes a un paciente con extrasístole y otro con murmullo.

Material y Metodología

Se dispone de una base de datos de señales de audio procedentes de la auscultación del corazón (fonocardiogramas). Los registros se han tomado a niños y adultos en calma o en estado de excitación, por lo que cuentan con frecuencias cardíacas entre 40 y 140 latidos (grupos lub-dubs de sonido) por minuto.

Los archivos de audio varían en longitud entre uno y varios segundos. La mayor parte de la información del sonido cardíaco está contenida en las componentes de baja frecuencia, con ruido en las altas frecuencias.

Los sonidos contienen ruido de fondo procedente de diversas fuentes (tráfico, radio, respiración, roce del micrófono con la piel o la ropa, ...) o distorsiones que dificultan la identificación de los patrones de sonidos característicos del corazón.

También se proporciona documentación básica, en la que se utilizan distintas técnicas de procesado de señal para resolver las actividades que se proponen a los alumnos.

Se propone una Actividad Práctica relacionada con el procesado de señal, en la que el alumnado trabajará con estas señales reales. El objetivo es, por un lado, fomentar la curiosidad, la investigación y la capacidad para resolver problemas. Por otro lado, desarrollar la capacidad de enfrentarse con lenguaje técnico formal de otras áreas de conocimiento que enriquecerán el aprendizaje del alumnado. Todo ello será fundamental en la posterior incorporación del alumnado al mercado laboral, donde tendrán que interactuar con profesionales de distintas procedencias, con problemáticas diversas y lenguajes técnicos específicos.

Para afrontar los retos propuestos en la Actividad Práctica el alumnado tendrá que aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura, y/o investigar de forma autónoma informes, metodologías y herramientas que formen parte del estado de la técnica, conjuntamente con los documentos proporcionados para la realización de la actividad.

Los alumnos participarán en la actividad en grupos de 2 o 3 personas, promoviéndose así el aprendizaje autónomo y el aprendizaje cooperativo.

Una vez finalizado el plazo de entrega de los trabajos, los alumnos presentarán y defenderán su trabajo en una entrevista personal con el profesor de la asignatura.

Finalmente, el resultado de la investigación del alumnado (que tenga calidad suficiente y suponga un avance) se subirá a la plataforma Swad (previa autorización expresa por parte del autor/a), para que entre a formar parte del estado de la técnica, y ayude a otros estudiantes a progresar en su estudio.

El trabajo presentado para la Actividad Práctica será evaluado conjuntamente con las prácticas de carácter presencial.

En la entrevista con el profesor tutor, se hará un seguimiento de los avances de los grupos de trabajo y se valorará el trabajo individual de los componentes del equipo de trabajo, evaluándose éste en el apartado 'Seguimiento' de la evaluación final de la asignatura.

Bibliografía

- [1] Y.Zhang, G.Chan, X.Zhang, L.Yip. Heart Sounds and Stethoscopes, Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, John Wiley and Sons.Inc, 2006.
- [2] L. Cromwell, F.J. Weibell, E.A. Pfeiffer, Biomedical Instrumentation and Measurements, Second Edition, Prentice-Hall.Inc,1980.
- [3] J. D. Echeverry, A.F. López, J. F. López, Reconocimiento de valvulopatías cardíacas en señales de fonocardiografía empleando la transformada Gabor. Scientia Et Technica, Volume XIII, núm.034, pags. 139-143, 2007.

Actividad Práctica 1:

Esta actividad tendrá lugar entre el día 4 de Abril y el 25 de Abril de 2014.

La fecha límite para la entrega de trabajos es el día 25 de Abril de 2014.

En los días siguientes a la fecha final de entrega de trabajos, cada grupo será convocado por el profesor para realizar la entrevista de presentación y defensa del trabajo.

Objetivo:

Identificar en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia los patrones de señal S1 y S2, y comprobar las características frecuenciales y temporales que se detallan en el apartado Descripción.

Material:

En la carpeta 'Normal' se encuentran un total de 16 fonocardiogramas. Los archivos tienen distinta duración, y corresponden a varios pacientes sanos (sin ninguna patología diagnosticada), con un latido cardiaco normal y con ritmos cardiacos distintos.

Además se cuenta con otra carpeta llamada 'Extrasístole', que cuenta con un total de 7 FCGs procedentes de pacientes diagnosticados con esta patología.

Todos los archivos de sonido están en formato aiff.

Los FCGs de la carpeta Normal se dividen en dos grupos, 10 FCGs están etiquetados por un especialista y 6 FCGs están sin etiquetar.

Las etiquetas, que se encuentran en el archivo 'etiquetas.txt', muestran los tiempos en los que ocurren los sonidos S1 y S2 a lo largo de la señal.

Para poder leer los archivos aiff con Matlab se dispone también del script 'aiffread.m'.

El script 'visualizar.m' de Matlab es un ejemplo de modo de empleo del script aiffread.m, en el que se muestra cómo leer los datos y representarlos junto con las etiquetas.

Se pone a disposición de los alumnos algunos artículos científicos en los que se detallan técnicas de procesado de señal para la identificación de los patrones de señal S1 y S2.

Actividades:

1. Represente en el dominio del tiempo los FCGs sin etiquetar e identifique los patrones de sonido S1 y S2 a lo largo de cada uno de los registros.
2. Obtenga la representación espectral de los FCGs sin etiquetar e identifique los patrones de sonido S1 y S2 en dichos registros.
3. Compruebe que los sonidos S1 y S2 identificados en los registros tienen las características expuestas en la Tabla 1.
4. En los archivos de pacientes con extrasístole identifique la existencia de un sonido S1 o S2 extraordinario, y analice si se trata de un sonido tipo 'lub' o 'dub'.

Bibliografía complementaria proporcionada:

- EFFICIENT METHOD FOR EVENTS DETECTION IN PHONOCARDIOGRAPHIC SIGNALS. J. Martínez-Alajarín, R. Ruiz-Merino
- TRANSFORMADA DE FOURIER DE TIEMPO CORTO: SU APLICACIÓN EN EL FONOCARDIOGRAMA PARA LA DETECCIÓN DE PATOLOGÍAS CARDÍACAS. J. Maglione y M. Pincilotti.
- SEGMENTATION OF HEART SOUNDS USING SIMPLICITY FEATURES AND TIMING INFORMATION. J. Vepa, P. Tolay y A. Jain
- HEART SOUND SEGMENTATION ALGORITHM BASED ON HEART SOUND ENVELOPE. H. Liang, S. Lukkarinen, I. Hartimo.
- DETECCIÓN DEL SONIDO S1 POR PROMEDIADO DE PUNTOS EN EL FONOCARDIOGRAMA. F.E. Valdés Pérez, C.R. Vázquez Seisdedos.