

ELECTRÓNICA Y ELECTROCARDIOGRAFÍA

Manuel Vargas Drechsler

En el Laboratorio de Instrumentación y Bioingeniería del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC se realizan diversas investigaciones encaminadas a aplicar la Electrónica a la Medicina, y por tanto a contribuir a la mejora de la salud. Podéis encontrar una descripción de las distintas líneas de investigación en las páginas web de internet en la dirección

<http://petrus.upc.es/~wwwdib/homepagesp.html>

Aquí nos centraremos en la línea de investigación de señales bioeléctricas, pues es en la que estoy realizando mi trabajo de investigación. En esta línea investigan los profesores Ramón Pallás (que dirige la investigación), Mireya Fernández, Juan Ramos, Miguel Ángel García y un servidor. Actualmente tenemos también con nosotros a dos becarios que están realizando su tesis doctoral: Ángel Regueiro de Cuba y Carlos Alvarado de Méjico. Asimismo, se han realizado y se siguen realizando numerosos proyectos fin de carrera en esta línea.

Los objetivos de esta línea de investigación son el diseño y desarrollo de sistemas de adquisición y procesamiento de señales bioeléctricas: sistemas multicanal y de alta resolución, monitorización ambulatoria, reducción del ruido e interferencias, análisis de señales no estacionarias, reconocimiento de ondas, análisis de

MANUEL VARGAS DRECHSLER es Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UPC. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC, en donde ha impartido docencia de diversas asignaturas.

la variabilidad del ritmo cardíaco y procesamiento de señales en tiempo real.

En concreto se ha diseñado, entre otros equipos, un sistema de adquisición y procesamiento de señales para electrocardiografía de alta resolución de 16 canales. La etapa frontal tiene una nueva topología que mejora el CMRR en 15 dB a 50 Hz. El ruido de esta etapa se ha estudiado con detalle y ello ha llevado a un resultado importante: las resistencias de valor elevado no siempre incrementan el ruido a la salida de los circuitos electrónicos.

Los planes para el futuro se orientan hacia el estudio de los accidentes cardiovasculares. Esto incluye el análisis de nuevos indicadores del riesgo de muerte cardíaca súbita, la aplicación de nuevos indicadores para la medida de la presión sanguínea, el análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco y el análisis de la variabilidad de los distintos segmentos del electrocardiograma.

Se pasa ahora a describir el resultado más interesante que he obtenido durante la realización de mi tesis doctoral. Antes introduciré brevemente el tema.

Medicina, Ingeniería y Bioingeniería (Valentinuzzi, 1988)

Existe acuerdo en que la Bioingeniería estudia y busca la aplicación de principios y métodos de las Ciencias Exactas, en general, y de la Ingeniería, en particular, a la solución de problemas de las Ciencias Biológicas y Médicas. La Ingeniería trata de mejorar, mantener y restablecer el bienestar humano aplicando

conocimientos de las Ciencias Exactas. La Medicina trata de mejorar, mantener y restablecer la salud humana (que es el primer bienestar) aplicando conocimientos de las Ciencias Biológicas. Dada la similitud y el paralelismo de ambos objetivos, no debe extrañar que las dos actividades aúnen esfuerzos para cumplir el objetivo de la Medicina. Surge así, por lo menos, una parte de la Bioingeniería.

Electrocardiografía (Pallás, 1988)

El electrocardiograma (ECG o EKG) es el registro de la actividad eléctrica del corazón medida normalmente entre dos puntos de la superficie del cuerpo. Al ser la actividad de las cámaras cardíacas rítmica y totalmente ordenada, la forma de onda obtenida es regular. En ella se reconocen fácilmente diversas ondas cuyas amplitudes, duraciones y morfología están bien definidas (figura 1).

En secuencia temporal las distintas ondas reciben el nombre de P, Q, R, S, T y U. La onda P se debe a la despolarización de la musculatura de las aurículas. Las ondas Q, R y S, que forman el llamado complejo QRS, se deben a la repolarización de las aurículas y a la despolarización de los ventrículos. La onda T se debe a la repolarización de los ventrículos. La onda U, a menudo no observable, se debe a potenciales residuales del músculo ventricular y a la repolarización lenta de los músculos papilares.

Electrocardiografía de alta resolución

La electrocardiografía de alta resolución se utiliza para detectar señales de pequeña amplitud, los de-

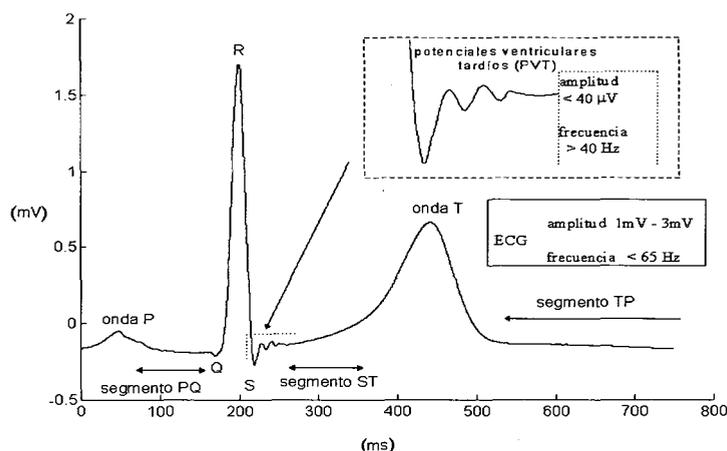


Figura 1.- Electrocardiograma (ECG) típico con la localización de las diversas ondas y segmentos. Se incluye la localización de los potenciales ventriculares tardíos (PVT), dando los márgenes de amplitud y frecuencia.

nominados micropotenciales cardíacos, que no son observables en el ECG estándar. El método más común de mejora de la relación señal a ruido es el promediado de señal. Ha habido numerosas aplicaciones de esta técnica como los registros del sistema de His-Purkinje y el análisis de los potenciales ventriculares tardíos. El análisis de estos potenciales tiene una gran importancia clínica. Describiremos estos potenciales en el siguiente apartado.

Potenciales ventriculares tardíos

Los potenciales ventriculares tardíos son unos potenciales de alta frecuencia y pequeña amplitud que se encuentran en la porción terminal del complejo QRS y en el segmento ST (figura 1). Se atribuyen a la despolarización fragmentada en los bordes de la zona cicatrizada del miocardio. La conducción retardada y la reentrada de la onda de despolarización en el tejido fibroso del borde de la zona, en conjunción con un bloqueo unidireccional, dan lugar a un sustrato arritmogénico formado por circuitos reentrantes que se cree son la causa de ciertas taquicardias ventriculares y de muerte súbita cardíaca.

A pesar de haber recibido escasa atención, el análisis del ruido en el ECG es de suma importancia. Sólo a través de un cuidadoso estudio de sus

características se puede llegar a filtrar el ruido suficientemente para poder detectar e interpretar fiablemente los micropotenciales cardíacos por vía no invasiva, de tanta importancia en el diagnóstico clínico. Las fuentes principales de ruido en el ECG son: el ruido fisiológico, la interferencia de la red de distribución eléctrica, el ruido electrónico del sistema de adquisición, y el ruido de la interfaz electrodo-piel. El ruido fisiológico es debido en su mayor parte a los potenciales generados por los músculos torácicos durante la respiración. El ruido de red (50 Hz y armónicos) es periódico y puede alcanzar gran amplitud, aun tomando precauciones para reducirlo. El ruido electrónico es debido a los dispositivos activos y a las resistencias utilizadas en el sistema

El objetivo principal de mi tesis doctoral ha sido el análisis y la reducción del ruido en la electrocardiografía de alta resolución con el propósito de mejorar la detección de los potenciales ventriculares tardíos. La hipótesis era que un cuidadoso análisis del ruido y de las técnicas empleadas actualmente para su reducción permitirá proponer mejoras a dichas técnicas.

Ruido en el sistema electrónico

Entre las diversas fuentes de ruido en el ECG se encuentra el ruido

electrónico debido al sistema de adquisición. Habitualmente se creía que en el diseño de circuitos electrónicos debían evitarse siempre resistencias de valor elevado debido a que introducían mayor ruido. Hemos demostrado que esto no es así. En ciertos casos puede ser conveniente utilizar resistencias de valor más elevado para tener menos ruido. Precisamente la etapa de entrada de los electrocardiógrafos utilizados es uno de estos casos. El aumento del valor de las resistencias no sólo permite disminuir el ruido, sino también las interferencias en modo común, debido a la mayor impedancia de entrada que se logra. Por supuesto, los resultados obtenidos no son sólo de interés en la detección de potenciales ventriculares tardíos, sino que deberán tenerse en cuenta siempre que se desee diseñar circuitos electrónicos de bajo ruido.

Conclusiones

Por lo que se ha descrito anteriormente podemos darnos cuenta de aún queda mucho por descubrir en la Ciencia y que afirmaciones que se tienen por ciertas no resisten un análisis serio. El lector puede pensar que es difícil llegar a descubrir nuevas verdades, pero esto no es así. Estamos seguros de que cualquiera de los lectores puede llegar a obtener resultados tanto o más interesantes que los descritos. Lo único que hace falta es dedicarle el tiempo suficiente. Prometo dar más detalles de cómo llegar a descubrir nuevas verdades científicas en otro artículo.

Agradecimiento

Agradezco al Dr. Ramón Pallás Areny la revisión del original y los acertados comentarios realizados.

Referencias

R. PALLÁS: *Medidas en el sistema cardiovascular*, 1988. En J. MOMPÍN (coordinador): *Introducción a la bioingeniería*, Marcombo, Barcelona

M.E. VALENTINUZZI: *Objetivos de la bioingeniería*, 1988. En J. MOMPÍN (coordinador): *Introducción a la bioingeniería*, Marcombo, Barcelona