

Particularidades del electrocardiograma como señal biológica

Mario Estévez Báez¹

José M. Estévez Carrera²

Andrés Machado García³

Material publicado originalmente en formato html en:

librosabiertos:particularidades_del_electrocardiograma_como_senal_biologica. InfoWiki. November 2, 2007, 08:50

CST. Available at:

http://infomed20.sld.cu/wiki/doku.php?id=librosabiertos:particularidades_del_electrocardiograma_como_senal_biologica&rev=1194011400. Accessed November 3, 2007.

Generalidades

Para la electrocardiografía clínica han sido desarrollados equipos electrónicos que permiten la amplificación de las manifestaciones bioeléctricas del corazón así como el registro en papel o en un monitor, de las fluctuaciones de voltaje que constituyen el electrocardiograma. Estos equipos deben efectuar su función de modo tal, que no se distorsionen ni los componentes cuyas fluctuaciones son más rápidas, tales como las que corresponden al complejo **QRS**, ni los más lentos, asociados a las ondas **P** y **T** y a los segmentos que se encuentran entre estas ondas. Para lograr este objetivo, los amplificadores electrocardiográficos ajustan las frecuencias que se deben amplificar a una gama o espectro que resulte el adecuado para sus fines.

Existen estándares bien definidos por normas internacionales, que precisan estos valores, y a los efectos de este trabajo baste con decir que ese espectro abarca, en términos generales, a las frecuencias comprendidas entre 0.1 Hz y 200 Hz. Tomando en cuenta que además de las fluctuaciones de voltaje producidas por el corazón en su actividad, se generan también otros potenciales que pueden tener origen biológico, tales como la respuesta electrodérmica cutánea, el electromiograma, los movimientos innecesarios del paciente, y otros, o un origen no biológico, tales como los potenciales electroquímicos de la interfase piel-electrodo, ruidos propios del sistema electrónico del propio electrocardiógrafo, los campos electromagnéticos generados por las líneas de suministro de corriente alterna, etc.

Es necesario por todo ello, que estos equipos cuenten con medios de protección, para el rechazo máximo de estas fuentes no deseadas de fluctuaciones del potencial y que son llamados en la práctica, artefactos. Si se cumplen además, las medidas correctas para la preparación de la piel donde serán ubicados los electrodos al paciente, la aplicación de pasta electrolítica

¹ Doctor en Medicina, Especialista de Fisiología de Segundo Grado, Investigador Titular, Profesor Consultante, Doctor en Ciencias Médicas, Académico Titular AIA, Instituto de Endocrinología y Enfermedades Metabólicas MINSAP.

² Licenciado en Informática, Instituto Superior de Medicina Militar “Dr. Luis Díaz Soto”

³ Licenciado en Cibernética-Matemática, Profesor Auxiliar, Maestro en Ciencias de la Computación Facultad de Biología, Universidad de La Habana, MES.

en estos sitios, el alejar del lugar de registro fuentes de campos electromagnéticos (motores de elevadores, líneas de corriente alterna, y otros equipos electrónicos, etc.) y se ubican los electrodos y sus cables de modo adecuado, los artefactos se verán reducidos a un mínimo. Esto lo conocen bien los que hayan realizado un ECG clínico alguna vez y es de dominio de los técnicos que profesionalmente realizan estos estudios.

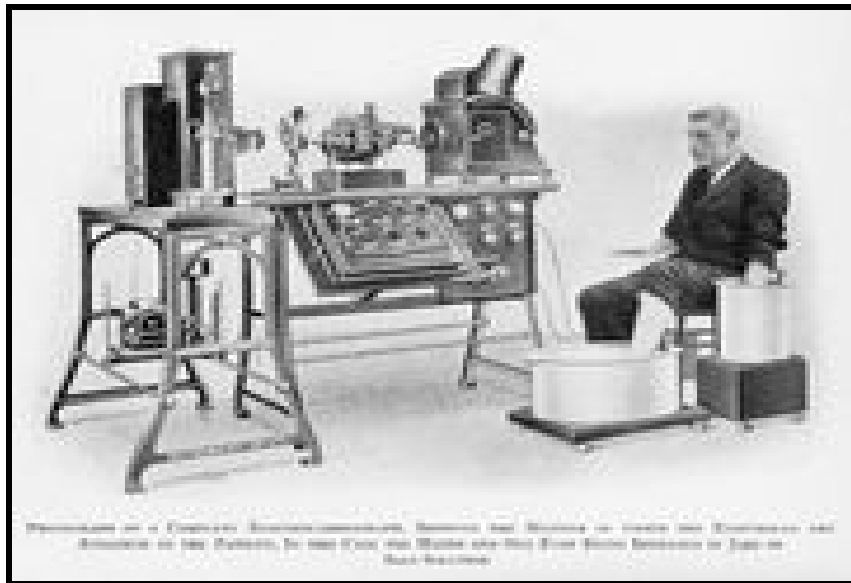


Fig. 1 Antigua foto del notable investigador W. Einthoven, con su electrocardiógrafo original.

La presencia de componentes muy lentos en el ECG, se aprecia con facilidad cuando se está realizando un registro y observamos que la línea de base del trazado, o del barrido en el monitor, muestra derivas hacia arriba o debajo de la línea de base del registro. Para evitar que estos componentes muy lentos, interfieran con el trazado en los límites del papel de registro o en la pantalla del monitor, hay dos medios que se usan de modo alternativo o simultáneo. Consisten estos medios en:

- Limitar a un corto tiempo (4-6 s) el registro para cada derivación.
- La aplicación de un dispositivo de ajuste de los amplificadores, para eliminar temporalmente la polarización indeseada de los electrodos de registro, creada por estos potenciales, que forman parte de los llamados potenciales biológicos extralentos (Estévez Báez M. 1983).

Otro elemento a tomar en cuenta durante el registro del ECG, son las condiciones fisiológicas y ambientales en que se realiza el mismo. Quien analiza un trazado ECG debe conocer exactamente las condiciones en que se efectuó ese registro. De no ser así, se corre el riesgo de errar el diagnóstico. Se puede pensar en una taquicardia, cuando en realidad al sujeto se le realizó el registro inmediatamente después de un esfuerzo (subir escaleras, caminar con prisa, estar bajo la acción de un medicamento de acción sobre el ritmo cardiaco, etc.). En los registros de Holter de 24 horas, para que el especialista

pueda evaluar correctamente una manifestación electrocardiográfica, el paciente es advertido que debe llenar una tarjeta donde detalle sus acciones, en relación con el momento del día o de la noche. En nuestros Policlínicos y Hospitales, existen condiciones estandarizadas, tanto técnicas como ambientales, que permiten al especialista realizar un diagnóstico adecuado.

En los laboratorios donde se efectúan registros del ECG para evaluaciones fisiológicas, o psicofisiológicas, deben tomarse igualmente medidas de estandarización para que los resultados sean confiables. Hay ocasiones en que el registro del ECG se efectúa mediante su almacenamiento en una cinta magnética u otro dispositivo, tales como las grabadoras del registro del ECG ambulatorio (registros de Holter). Para evitar errores en la ulterior evaluación, estos equipos tienen que estar provistos de dispositivos que adviertan al especialista de la verdadera relación de tiempo con los grafoelementos del trazado ECG. Si el dispositivo de tracción de la cinta magnética sufre modificaciones (enlentecimiento, aceleraciones, bruscos cambios de la velocidad del enrollado, etc.) y no se graba simultáneamente una señal sincronizada de tiempo junto con la señal ECG, la interpretación de los resultados por el especialista puede resultar errónea si carece de la experiencia necesaria.



Fig. 2. Equipo de registro del ECG ambulatorio (Sistema Holter).

Cuando se usan estas grabaciones en cintas magnéticas, el fabricante debe garantizar además, que el dispositivo permita el registro sin distorsiones de las frecuencias propias del amplificador electrocardiográfico, ya que de no ser así, el registro en la cinta resultaría carente de componentes ECG de determinadas frecuencias (lentas o rápidas) con consecuencias impredecibles para su análisis ulterior.

Aunque muchas de las cuestiones planteadas hasta ahora, *deben, y de hecho son tomadas en cuenta*, por los fabricantes de equipos médicos, el que trabaja con ellos debe estar atento a las indicaciones técnicas de cada equipo y a su

comprobación periódica por personal de electromedicina debidamente calificado. Estas cuestiones son tan importantes que en los Manuales de Usuario y de Explotación de estos equipos se incluyen datos de sus parámetros de funcionamiento normal, e incluso, diagramas de artefactos que pueden observarse, sus causas y la recomendación del fabricante para cada caso. Muchas veces, desgraciadamente, ocurre que quienes explotan estos equipos no han leído nunca estos manuales, lo que limita su profesionalismo y atenta contra la excelencia en el trato al paciente, y es contrario a la ética médica.

Hasta ahora, nos hemos estado refiriendo a equipos de ECG que registran el trazado de la señal, de modo continuo y en tiempo real, ya sea en papel o en la pantalla de un monitor. Este tipo de registro o grabación de modo continuo permite conocer en todo momento de tiempo el valor del potencial que se está produciendo y las señales así obtenidas reciben el nombre de *analógicas*. En condiciones teóricas ideales, y en cada momento del tiempo, por pequeño que este intervalo sea, el valor observado se corresponderá con el salido del sistema de amplificación del electrocardiógrafo.

Debe notarse que en el párrafo anterior hemos dicho, refiriéndonos al valor del potencial de la señal del ECG, que se corresponde ese valor *con el de la salida del sistema de amplificación y no con el valor de la señal que se aplicó a la entrada* del sistema de amplificación. Quiere ello decir, que cuando la señal de entrada a los amplificadores es introducida en el sistema electrónico, puede, y realmente se modifica por los circuitos del dispositivo, obteniéndose a la salida un valor, que de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante tendrá las alteraciones predichas por el productor y certificadas en el Manual del equipo.

De hecho, las principales modificaciones estarán dadas por el grado de fiabilidad del valor de la magnitud de amplitud de salida respecto a la de entrada y además en las características producidas por la eliminación selectiva de componentes de frecuencia no deseadas para el proceso, pero sí presentes en la señal de entrada.

El sistema de amplificación del ECG, en un caso teórico abstracto, solo debería dejar pasar a través de su circuito determinada gama o espectro de frecuencia y rechazar las indeseadas, es decir, debería efectuar un proceso de “filtraje” de los valores que se van aplicando a la entrada de los amplificadores.

Por lo tanto, y tengamos esto siempre en cuenta, la señal de salida, no será nunca semejante a la que fue aplicada a la entrada. Estará modificada (*¿distorsionada?*) de una forma más o menos conocida, según los parámetros que el fabricante especifica.

Aunque en nuestra práctica como médicos estamos familiarizados con los resultados obtenidos a la salida de los amplificadores de los electrocardiógrafos, no debemos nunca perder de vista, que lo que realmente deseamos conocer es lo que ocurre con el órgano que genera la fluctuación del potencial y que es aplicado a la entrada de los amplificadores. Es por ello, que nos estamos extendiendo en estos aspectos técnicos, que generalmente no son objeto de estudio por los médicos en su formación básica, pero que para aplicar técnicas de evaluación no convencional, obtenidas a partir del ECG, resultan imprescindibles.

Antes de introducirnos en cuestiones más específicas debemos hacer notar que con el advenimiento de las técnicas de computación, se ha ido produciendo una revolución tecnológica que afecta, incluso mejor debíamos haber dicho__"beneficia", a los equipos de registro empleados como rutina en nuestro medio.

Los llamados equipos digitales, muestran un resultado muy parecido al que obtenemos con los equipos analógicos, pero su funcionamiento en el proceso de adquisición y amplificación de la señal del ECG es diferente. Para poder emplear las técnicas de computación para la amplificación y procesamiento de señales continuas en el tiempo (analógicas), resulta imprescindible sustituir los valores continuos de la señal original por otros valores instantáneos que representen el valor que tenía la señal en intervalos de tiempo sucesivos similares. Estos nuevos valores, al ser mostrados en el papel o en un monitor, representan con mayor o menor fidelidad los valores reales analógicos, producidos por el órgano que es objeto de estudio.

Este proceso de cuantificación de un valor en periodos de tiempo secuenciales, con un intervalo constante recibe el nombre de *muestreo (sampling)* y la transformación de esos valores expresados en un formato conocido (decimal, hexadecimal, binario, etc.) recibe la denominación de "*digitalización*", término ya aceptado en nuestra lengua, con este sentido.

En un próximo acápite se expone de modo resumido el concepto de señales, de acuerdo con la Teoría de la Información y con posterioridad, retomaremos el problema de la conversión análogo-digital de las señales y la importancia del muestreo para el estudio de la VRC.