

Formas actuales de registro y análisis de los potenciales electrocardiográficos de la superficie corporal

El objetivo fundamental de la electrocardiografía es diferenciar los estados de normalidad y anormalidad (e identificar los distintos tipos de anormalidad) del generador cardíaco, a partir de los potenciales de la superficie corporal (SC). Después de más de 50 años de aplicación clínica, este objetivo no ha sido logrado totalmente, siendo relativamente frecuentes los errores de clasificación diagnóstica del electrocardiograma (ECG). Las causas de estos errores han sido agrupadas por Von der Groeben (1957) de la siguiente manera (modificada):

1) *Fracaso de los eventos eléctricos en reflejar cambios anatómicos, hemodinámicos y biofísicos del corazón.*

2) *Pérdida de información significativa (distorsión) entre el generador cardíaco y la superficie corporal.*

3) *Presentación y análisis inadecuados de los datos de superficie.*

4) *Interpretación incorrecta por a) falta de los criterios cuantitativos en las reglas o regiones de decisión que permitan una separación óptima de las categorías y b) insuficiente número de correlaciones empíricas con evidencia independiente.*

El ítem 1) es muy importante, en cuanto significa que ningún perfeccionamiento futuro en la adquisición y análisis de datos servirá para disminuir la proporción de lesiones cardíacas "silenciosas". La frecuencia real y mecanismo íntimo de este factor son desconocidos. La cancelación mutua de potenciales cardíacos orientados en direcciones opuestas (90-95 % de la f.e.m. total del corazón según Schaefer, 1951) se acompaña de una reducción general de la sensibilidad del ECG (que no afecta, sin embargo, la alta sensibilidad del sistema de conducción ni la de la onda T).

Los ítems 2) y 3) se refieren específicamente a los problemas teóricos y prácticos de reconstruir el campo eléctrico cardíaco desde los potenciales de la S.C. y llevan implícitos nuestro desconocimiento sobre la naturaleza del generador cardíaco y del grado en que la geometría irregular y la heterogeneidad eléctrica del torso humano distorsionan las fuerzas electromotrices cardíacas antes que alcancen la superficie corporal.

Desde el principio se sabe que es posible obtener un gran número de ondas en la S.C., tantas como puntos se exploren. ¿Contiene cada una de ellas una información distinta? Utilizando la técnica del Análisis de Factores, Brody y col. (1963) demostraron que existe normalmente en la S. C. una gran redundancia de información, ya que solamente 8 formas de onda, completamente independientes ("factores principales") contenían toda la información recogida en 153 a 160 puntos de la S. C. Además, utilizando los tres primeros "factores principales" pudieron reconstruir el 85 % de la información de superficie. Esta redundancia de información (común a muchos sistemas de comunicación)

puede explicar como cualquier nuevo sistema de derivaciones, con electrodos colocados casi al azar, puede terminar por tener cierto valor diagnóstico, apenas se establezca con el mismo un *mínimum* de correlaciones empíricas.

Actualmente hay tres métodos principales de estudiar el campo eléctrico cardíaco desde la S. C. 1) registro SECUENCIAL de un número limitado de derivaciones (ECG "CONVENCIONAL" o de "12 DERIVACIONES"). 2) registro SIMULTANEO de tres derivaciones ortogonales y corregidas (ECG "ORTOGONAL" o de "3 DERIVACIONES") y 3) estudio TOTAL de los potenciales de superficie mediante el mapeo multielectrónico de la S. C. (ECG "MULTIELECTRÓNICO" o "ELECTROCARDIOGRAMA").

A. ECG CONVENCIONAL. De uso general desde 1943, consiste en la presentación escalar de 12 derivaciones registradas CONSECUTIVAMENTE y analizadas de acuerdo a la teoría Unipolar o de los Potenciales Locales (Wilson). Limitaciones: 1) muestreo insuficiente de la S. C., desde sólo 9 puntos. 2) distorsión eléctrica que exagera la dispersión de los parámetros normales y hace menos útil la aplicación de criterios cuantitativos, 3) exploración espacial inadecuada.

B. ECG ORTOGONAL (ECG DE TRES DERIVACIONES). Extensión del concepto de vectocardiograma, este tipo de ECG asume la responsabilidad de representar las características espaciales del campo eléctrico cardíaco, mediante la presentación VECTORIAL. Las tres derivaciones (X, Y y Z) de diseño especial, deben ser registradas SIMULTANEAMENTE a fin de preservar la relación de fase. Combinadas en grupos de dos, se obtiene en el osciloscopio los tres vectocardiogramas planares. Las técnicas usadas para el análisis computacional requieren solamente el registro de dichas derivaciones, ya que el programa del computador puede usar esos datos, prescindiendo del vectocardiograma y empleando simples fórmulas matemáticas.

Debido a las múltiples formas de presentación y análisis del ECG ORTOGONAL (registro ESCALAR, VECTOCARDIOGRAMA OSCILOSCOPICO, VCG ESPACIAL, VCG "LINEAL", ECG "NORMALIZADO o SINTETICO", registro DIGITAL) es aconsejable registrar inicialmente las tres derivaciones en cinta magnética (canales de F. M.). El vectocardiograma planar permite obtener tres curvas cerradas sobre sí mismas (Figuras de Lissajous) que no son sino las proyecciones del asa vectorial espacial sobre los tres planos principales del cuerpo humano. Esta forma de presentación, la más difundida del ECG ortogonal, no es, sin embargo, la más adecuada para el análisis cuantitativo. El verdadero VCG ESPACIAL es difícil de obtener físicamente (modelos de alambre, visión estereoscópica). El procesamiento y análisis DIGITAL es el más rápido y exacto, pero desgraciadamente está limitado a pocos centros. La información (der. X, Y y Z) es introducida mediante tarjetas perforadas o de preferencia mediante un conversor automático analógico-digital.

La interpretación vectorial (basada en la hipótesis dipolar de Einthoven (1913) y en la definición física de las derivaciones por Burger y Van Milaan (1946), ofrece todavía aspectos polémicos o que necesitan ser enfatizados. Algunos de ellos son: 1) LIMITES DE LA VALIDEZ DEL CONCEPTO VECTORIAL: es cada día más evidente que la hipótesis dipolar es solamente una aproximación: con distintas técnicas se ha demostrado en los potenciales de superficie de sujetos normales un 75-80 % de contenido DIPOLAR y un 20-25 % de contenido NO DIPOLAR, más evidente este último en las porciones medias y finales del QRS, donde coincide con la irrupción del frente de activación en el epicardio. Es de hacer notar que la fracción NO DIPOLAR, asimilable a los llamados "potenciales locales" no es captada por los sistemas ortogonales ideales y podría ocurrir en áreas no muestreadas por el ECG convencional. 2) SISTEMAS DE DERIVACIONES: no siendo intercambiables totalmente los diversos sistemas ortogonales corregidos, es indispensable la adopción universal de UN UNICO sistema corregido. El de FRANK, propuesto en 1956), y usado por nosotros desde ese mismo año (Rev. Argentina de Cardiol. 22: 243) es el

más difundido actualmente, pero no es el mejor. Tal vez debiera ser reemplazado por el sistema Axial de McFee y Parungao (*Am. Heart J.* 1961, 62: 93). Un requisito técnico es indispensable tener en cuenta (Spach y col. 1966): inserción de un amplificador 'buffer' entre cada electrodo y la red resistiva. 3) **INTERPRETACION CUANTITATIVA**: esta es la ventaja más importante que ofrecen los sistemas corregidos y no debe ser desaprovechada. Hay más de 300 parámetros descritos, la mayoría de ellos referentes a magnitud y orientación de vectores instantáneos definidos morfológicamente o cronológicamente. 4) **ECG ORTOGONAL Y DERIVACIONES AUXILIARES**: a fin de captar la fracción no dipolar de los potenciales de superficie, es aconsejable suplementar el ecg ortogonal con derivaciones locales (V3-4) o de diseño especial ("dirigidas" o "diferenciales", Fischmann, etc.).

C. ELECTROCARDIOGRAFIA MULTIELECTRODICA (ELECTROCARDIOARTOGRAFIA). Bajo esta denominación agrupamos métodos que usan verdaderos enrejados de electrodos con el fin de recoger TODA la información eléctrica disponible en la S. C. Dicha información puede ser presentada como **MAPAS ISOPOTENCIALES DE SUPERFICIE** (Taccardi, 1963), (con técnicas actuales que incluyen el cómputo electrónico, se obtienen en cada sujeto 60-100 mapas desde 140-250 electrodos). El valor diagnóstico de este método no ha sido precisado, pero el mismo ha servido para demostrar que la distribución de los potenciales en la S. C. es sumamente irregular e intrincada y que a menudo existen dos o más máximos y mínimos simultáneos, prueba de una actividad **MULTIPOLAR** (la que puede deberse a eventos específicos de la activación ventricular o bien a distorsión por la geometría irregular del torso). Variantes más complejas de la exploración multielectrónica incluyen la determinación del **MOMENTO DIPOLAR TOTAL** del corazón (Nelson, Fischmann) y el **ELECTROCARDIOGRAMA MULTIDIPOLAR** (Holt). Una variante más simple y práctica mapea la cara anterior del tórax con 35-72 electrodos, con el fin de precisar la extensión y evolución seriada del desnivel del segmento RS-T durante la fase aguda del infarto de miocardio (Reid, 1971, Maroko, 1972).

Periódicamente se plantean cuestiones como superioridad diagnóstica del VCG o del ECG convencional, posibilidad de reemplazar el ECG de 12 deriv. por el de 3 deriv., o por el contrario, si están justificados la pérdida de tiempo y costo de equipos que demanda el V.C.G. Creemos que en el momento actual se puede afirmar con razonable seguridad: 1) ni el ECG convencional ni el ECG ortogonal recogen toda la información disponible en la S. C., según lo han demostrado los mapas isopotenciales de superficie. El primero capta una mezcla —en proporciones desconocidas— de contenido dipolar y no dipolar, mientras el segundo es insensible al contenido no dipolar. Lo más lógico es, pues, seguir usando ambos, como mutuamente complementarios. 2) el ecg ortogonal se presta más para el cómputo automático pues en comparación con el de 12 deriv., reduce los datos de entrada en 1/4 y el tiempo de computación en 1/3. Macfarlane (1971) comprobó en 1093 casos que el ECG ortogonal procesado automáticamente tiene por lo menos tanta información como el de 12 derivaciones analizado visualmente. 3) el ECG ortogonal ofrece dos ventajas no disponibles en la presentación escalar: a) posibilidad de detectar la dirección anormal de las fuerzas electromotrices cardíacas y b) menor distorsión eléctrica, justificando un análisis cuantitativo más riguroso; 4) muchas comparaciones entre ambos métodos han sido prematuras en el sentido de haberse utilizado métodos vectocardiográficos inadecuados y de haberse prescindido del análisis cuantitativo. El conocido estudio cooperativo de Simonson y col (1966) es un claro ejemplo de interpretación vectocardiográfica errónea (item 4 de la lista de Von der Groeben).

DR. CARLOS GENTILE