

## Archivos de Cardiología de México

Volumen **71**  
Volume

Número **4**  
Number

Octubre-Diciembre **2001**  
October-December

*Artículo:*

### En torno a la electrovectocardiografía racional

Derechos reservados, Copyright  
© Propiedad del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, AC

Otras secciones de  
este sitio:

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

*Others sections in  
this web site:*

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)



[www.Medigraphic.com](http://www.Medigraphic.com)

---

**REVISIÓN DE TEMAS CARDIOLÓGICOS**

---

*En torno a la electrovectocardiografía racional*

Alfredo de Micheli,\* Gustavo A Medrano\*

**Resumen**

El proceso mental que el electrocardiografista debe realizar para ajustar la interpretación del electrocardiograma o del vectocardiograma con la sucesión de las despolarización y repolarización del miocardio puede efectuarse por dos vías. La primera es la del análisis vectorial, la segunda consiste en el análisis de las morfologías unipolares. Lo más conveniente es seguir ambos caminos. El primer procedimiento constituye el método admitido clásicamente desde los tiempos de Einthoven y concierne a la representación vectorial de las cargas eléctricas del corazón. Dicha representación se acerca a la del momento eléctrico de un dipolo único, cuando la exploración cardiaca se lleva a cabo a una distancia mínima adecuada. Así es posible determinar la posición espacial de los vectores instantáneos, o del vector medio, por sistemas de derivaciones diferentes el uno del otro. El estudio de las morfologías unipolares permite conocer la distribución de las cargas mencionadas en el medio conductor. El ajuste de las cargas eléctricas depende de la localización de los frentes de onda. Estas cargas determinan variaciones de potencial en sentido físico –de tipo gaussiano– en la superficie epicárdica y también en cualquier otro punto del medio conductor que rodea el corazón hasta la piel. Al seguir este procedimiento, se aplica la integral de Poisson, con base en el principio de la superficie electromotriz de Helmholtz. Debe realizarse después un ajuste ulterior entre las dos sendas recorridas y es necesario escrutar en lo íntimo de los procesos metabólicos celulares, que pueden explicar el comportamiento de los fenómenos eléctricos observados y sugerir el tratamiento adecuado.

**Summary**

## ON THE RATIONAL ELECTROVECTORCARDIOGRAPHY

The mental process of electrocardiographists to adjust the electrocardiogram's or vectorcardiogram's interpretation with the sequence of myocardial depolarization and repolarization can be accomplished in two ways. The first one is through vectorial analysis and the second concerns the analysis of unipolar morphologies. The most suitable is to follow both ways. The first procedure constitutes the classic method accepted since Einthoven's time and refers to the vectorial representation of the electrical charges of the heart. This representation approaches the electrical moment of a unique dipole, when cardiac exploration is performed at the smallest adequate distance. This allows to establish the spatial position of the instantaneous vectors, or of the mean vector, by using different leads. The study of unipolar morphologies permits to know the distribution of the mentioned charges in the conducting medium. The adjustment of the electrical charges depends on the location of the wave fronts. These charges produce potential variations in the physical sense –Gaussian type– at the epicardial surface and also at any point of the conducting medium surrounding the heart as far as the skin. This procedure requires the use of Poisson's integral, based on the principle of Helmholtz' electromotive surface. Thereafter, it is mandatory to perform another adjustment for the results of both procedures and to scrutinize the inner cellular metabolic process, which can explain the behavior of the observed electrical phenomena and suggest the adequate treatment.

(Arch Cardiol Mex 2001; 71: 330-334)

**Palabras clave:** Electrovectocardiografía racional. Bases experimentales. Aplicaciones clínicas.**Key words:** Rational electrovectorcardiography. Experimental bases. Clinical usefulness.

\* Del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez". (INCICH, Juan Badiano No. 1, 14080 México, D.F.).

### **La electrovectorcardiografía racional**

**L**a electrocardiografía y la vectorcardiografía exploran el mismo fenómeno eléctrico del miocardio con enfoque distinto: analítico y local para la exploración electrocardiográfica cercana (derivaciones unipolares próximas), sintético y espacial para la exploración vectorcardiográfica (derivaciones alejadas). Ambas permiten una exploración esencialmente funcional, a saber de las bases metabólicas y electrolíticas de dicho fenómeno eléctrico, que logra asimismo útiles inferencias de carácter estructural. En época pasada, los trazos electrovectorcardiográficos se interpretaban con base en pocos parámetros conocidos: ciertos aspectos de la sucesión del proceso de la activación eléctrica del músculo cardíaco, la posición del corazón, varias condiciones hemodinámicas como las sobrecargas de volumen y de barrera. La secuencia del proceso de activación del miocardio ha sido estudiada en forma bastante completa en el corazón expuesto del perro, particularmente por Medrano y cols,<sup>1</sup> y en el corazón humano aislado y perfundido por Durrer y cols.<sup>2</sup> Pero ha sido investigada de modo incompleto y fragmentario en el corazón del hombre *in situ*.<sup>3</sup>

Así que deben extrapolarse al corazón humano datos experimentales obtenidos en el corazón canino (analogía). Este último es algo distinto al del hombre, p. ej. en la distribución de la red de Purkinje y en el volumen del miocardio ventricular derecho. Se parece más bien al corazón del niño, que hasta los seis años presenta fisiológicamente importantes fuerzas electromotrices anterosetales derechas, o al de un adulto con hipertrofia ventricular derecha moderada. El corazón del perro representa, pues, un modelo incompleto: se asemeja al corazón humano en algunos aspectos pero es distinto en otros.

La influencia de la posición cardíaca se conoce de manera satisfactoria gracias a estudios de correlación anatomoelectrocardiográfica y electroradiológica, realizados en México y en otras partes. De todos modos, es conveniente ratificar dicha posición en la radiografía para tener la seguridad de lo que exploran las diferentes derivaciones del electrocardiograma. En condiciones normales, sólo aVR registra siempre las variaciones de potencial de la aurícula derecha. Las modificaciones eléctricas, producidas por cambios hemodinámicos, se reflejan de manera fiel en los trazados, como se ha demostrado en una

larga serie de investigaciones, realizadas en nuestro Instituto, desde aquellas iniciales de Cabrera y col<sup>4</sup> hasta las de épocas recientes.<sup>5-7</sup>

Ahora deben tomarse en cuenta otros factores responsables de las manifestaciones de la actividad eléctrica cardíaca, hurgando siempre más hondo en el substrato metabólico y electrolítico de los fenómenos eléctricos y mecánicos del corazón. Todos los elementos señalados intervienen en la modalidad de interpretación electrovectorcardiográfica, definida como racional, que sigue la Escuela Mexicana. La exploración electrovectorcardiográfica moderna y racional es capaz de proporcionar un caudal riquísimo de información valiosa acerca de la función de las fibras miocárdicas. Pero ... hay que pedírsela.

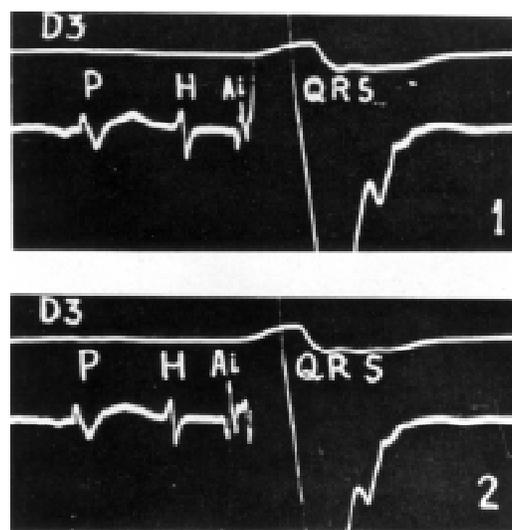
Por su lado, el acervo de datos y conocimientos obtenidos por la electrovectorcardiografía mexicana constituye el ejemplo de la evolución de un método, en sus inicios esencialmente empírico, hacia un sistema racional riguroso.<sup>8</sup> La metodología actual abre derroteros insospechados a la investigación clínica y de laboratorio y se perfila como un modelo a imitar en el campo de las ciencias médicas. Por su misma naturaleza no puede estar exento de imperfecciones y limitaciones porque los modelos experimentales, por su misma naturaleza, representan una simplificación de los fenómenos orgánicos. Son éstos mucho más complejos por la participación de un sinnúmero de factores individuales imprevisibles. De todos modos, la electrofisiología puede llegar a ser una integración real acercándose a la dignidad de las ciencias exactas.

### **El método racional en la interpretación electrovectorcardiográfica**

Con frecuencia se nota en docentes y alumnos la tendencia a presentar y memorizar, respectivamente, cuadros estereotipados de determinados fenómenos, en vez de asomarse a la íntima esencia de los mismos. Tenemos ejemplos muy demostrativos de tal proceder en el campo de la electrocardiografía. Se mencionan taquicardias con QRS "angosto" y QRS "ancho", sin darse cuenta de lo impropio de tales expresiones. El término "angosto" no corresponde a la realidad puesto que, en tales casos, la duración del complejo ventricular no es inferior a la normal, más bien tiende a superarla y hasta puede situarse por encima de los límites normales superiores (100 msec). Ahora bien, con un enfoque estrictamente electrofisiológico, los complejos QRS debe-

rían definirse como no aberrantes en el primer caso y aberrantes en el segundo. La causa de tales aspectos es, en realidad, la ausencia o la presencia del fenómeno de un “salto de onda”<sup>9</sup> extenso en el tabique interventricular. Lo racional sería, por tanto, hablar de taquicardias ventriculares sin “salto de onda”, cuando los complejos QRS son semejantes a los normales, y de taquicardias con “salto de onda”, cuando dichos complejos se parecen a los que se registran en presencia de los bloqueos de rama de grado avanzado.<sup>10</sup> En el primer caso, la taquicardia se origina probablemente en proximidad de la discontinuidad anatomofuncional existente entre las dos masas septales,<sup>11</sup> a la que ciertos fisiólogos llamaron efapsis.<sup>12</sup> No se realiza aquí el “salto de onda” y, por ende, no hay aberrancia de los complejos ventriculares.

Algunas consideraciones de carácter electrofisiológico deben formularse asimismo acerca de los llamados infartos con Q o sin Q.<sup>13</sup> Se sabe que la zona inactivable rigurosamente circunscrita dentro de los límites del “endocardio eléctrico”<sup>14</sup> no da manifestaciones electrocardiográficas directas. Puesto que el endocardio mencionado no constituye una entidad anatómica, no se justifican los cotejos electroanatómicos para establecer el significado de la presencia o ausencia de ondas Q en las derivaciones que exploran la zona afectada. La morfología del complejo ventricular correspondiente depende, en realidad, de la relación existente entre la extensión del miocardio inactivable –en profundidad y superficie– y la amplitud del endocardio eléctrico. Para poder delimitar este último se necesitaría identificar la distribución de la red de Purkinje o bien registrar los potenciales originados en dichas fibras (potenciales P) en diferentes niveles del espesor parietal o septal.<sup>15</sup> El llamado endocardio eléctrico llega hasta donde se encuentra tejido especializado y se registran potenciales P (Fig. 1). Al llegarle simultáneamente el impulso de excitación por las fibras de Purkinje, la región mencionada se despolariza al mismo tiempo sin dar origen a diferencias de potencial. Por eso, su activación no logra dar signos eléctricos directos ni en condiciones normales ni en condiciones patológicas. La distribución de la red de Purkinje varía de un sujeto a otro y, en el mismo individuo, es distinta en diferentes niveles de la pared libre ventricular y del tabique interventricular: es abundante en la mitad inferior y prácticamente ausente en el tercio superior.



**Fig. 1.** Registro del potencial P en una fibra de Purkinje izquierda (Ai), respectivamente, en la superficie endocárdica (1) y a 1.6 mm de profundidad en el espesor septal (2). H = potencial del haz de His, P = onda P (Ref. No. 15).

Por otra parte, las manifestaciones electrocardiográficas de una zona inactivable en la cara diafragmática izquierda –ondas Q anormales o complejos QS– no se registran en las derivaciones bajas aVF, D<sub>II</sub> y D<sub>III</sub> cuando éstas, por la posición cardíaca horizontal, exploran el ventrículo derecho.<sup>16</sup> De ahí la necesidad de reconocer la posición cardíaca, a veces con la ayuda de la radiografía, para saber qué están explorando las derivaciones unipolares. Huelga mencionar que, en la fase aguda del infarto, los signos de lesión subepicárdica o transmural importante pueden ocultar los de zona inactivable. Éstos van a manifestarse más tarde, al reducirse progresivamente el grado de lesión.<sup>17</sup>

Pueden agregarse algunas observaciones acerca del significado real del desnivel negativo, de tipo primario, del segmento ST en las derivaciones precordiales derechas, en presencia de un infarto definido como inferior. De hecho el área de infarto, que se considera inferior porque se manifiesta en las derivaciones bajas del electrocardiograma convencional, con cierta frecuencia invade también porciones medias y altas de la pared posterior del ventrículo izquierdo o tiene una localización biventricular. Así que los desniveles mencionados pueden constituir la imagen en espejo de los desniveles positivos que se producen en regiones opuestas, a saber, de una lesión subepicárdica posterior. Esto demuestra la utilidad de un círculo torácico completo, que logra propor-

cionar una información directa acerca de las verdaderas dimensiones y de la fase de evolución del infarto.<sup>18</sup> En lo referente a los infartos biventriculares anteriores, debe tenerse presente que el desnivel positivo del segmento ST es más importante en las derivaciones unipolares torácicas derechas  $V_{4R}$ ,  $V_{3R}$ ,  $V_1$  y  $V_2$  que en  $V_3$ . Si el infarto es exclusivamente anteroseptal, dicho desnivel es más acentuado en  $V_3$  que en  $V_1$ .<sup>19</sup>

Conviene mencionar, de pasada, que la inversión de la onda U, y la prolongación del intervalo Q-U, constituyen signos precoces de un déficit del riego coronario, que preceden la inversión de la onda T y la prolongación del intervalo Q-Tc. Al soslayar tales datos, se puede considerar como normal un electrocardiograma que corresponde a cardiopatía isquémica.<sup>20</sup>

Algunos afirman de manera categórica que el electrocardiograma no permite detectar los signos de hipertrofia ventricular izquierda. Se sabe que la exploración eléctrica es de tipo funcional, mientras que la ecocardiográfica transtorácica o transesofágica es de tipo estructural. La primera refleja más directamente condiciones metabólicas o hemodinámicas, como las sobrecargas de las cámaras cardiacas. La segunda revela aspectos estructurales, p. ej. la hipertrofia compensadora, cuyo *primum movens* parece ser el aumento de trabajo de las fibras miocárdicas para mantener un gasto sistólico satisfactorio. La exploración

eléctrica, por tanto, debería detectar los signos precoces del compromiso del corazón izquierdo. Dado que se trata de inferir elementos estructurales de hallazgos funcionales, se comprende la necesidad de valerse de una constelación de parámetros eléctricos. Y éstos deben analizarse de manera selectiva en las derivaciones que exploran de cerca la cámara cardiaca afectada, para que puedan proporcionar resultados fidedignos.<sup>21</sup>

### Conclusiones

De lo antes expuesto se desprende el valor semiológico de la interpretación racional y no empírica de los trazados eléctricos, conforme al método analógico-deductivo propuesto a su tiempo por Sodi Pallares.<sup>22</sup> Sería muy deseable que así se explicara y se aprendiera la electrocardiografía. Cabe señalar que, según Aristóteles,<sup>23</sup> la verdadera enseñanza se realiza al exponer las causas de los fenómenos. Debe indicar el camino a seguir para dirigirse hacia tales causas, así como lo subrayara Platón en uno de sus diálogos más conocidos: el "Menón".

Métodos semejantes deberían aplicarse también en otros campos de la cardiología y de la medicina general. Podría alcanzarse por esta vía el triunfo del criterio racional respondiendo a los anhelos de la medicina humanista, que preconizara el maestro Ignacio Chávez con el espíritu y la visión de los grandes maestros del mundo clásico.

### Referencias

1. MEDRANO GA, BISTENI A, BRANCATO RW, PILEGGI F, SODI PALLARES D: *The activation of the interventricular septum in the dog's heart under normal conditions and in bundle branch block*. Ann NY Acad Sci 1957; 65: 801-817.
2. DURRER D, VAN DAM RT, FREUD GE, JANSE MJ, MEIJER FL, ARZBAECHER RC: *Total excitation of the isolated human heart*. Circulation 1970; 41: 899-912.
3. BARBATO E, PILEGGI F, DEBES AC, FUJIOKA T, MAGALHAES MS, TRANCHESI J, ET AL: *Study of the sequence of ventricular activation and the QRS complex of the normal human heart using direct epicardial leads*. Am Heart J 1958; 55: 867-880.
4. CABRERA E, GAXIOLA A: *A critical re-evaluation of systolic and diastolic overloading patterns*. Prog Cardiovasc Dis 1959; 2: 219-239.
5. DE MICHELI A, MEDRANO GA, GARCÍA MOREIRA C: *Cambios eléctricos en las sobrecargas experimentales diastólica y mixta del ventrículo derecho*. Arch Inst Cardiol Mex 1983; 53: 387-396.
6. DE MICHELI A, MEDRANO GA, GARCÍA MOREIRA C: *Influencia del pericardio en las sobrecargas experimentales diastólica y mixta del ventrículo derecho*. Rev Port Cardiol 1984; 3: 663-668.
7. DE MICHELI A, MEDRANO GA, CASANOVA JM: *Aspectos eléctricos de las sobrecargas ventriculares experimentales diastólica y mixta*. Arch Inst Cardiol Mex 1990; 60: 11-19.
8. SODI PALLARES D, BISTENI A, MEDRANO GA: *Electrocardiografía y vectocardiografía deductivas*. México. La Prensa Médica Mexicana, 1964.
9. SODI PALLARES D: *New bases of electrocardiography*. St. Louis, Miss. The C V Mosby Co., 1956, p. 404.
10. DE MICHELI A, MEDRANO GA: *Los trastornos de la conducción intraventricular*. Arch Inst Cardiol Mex 1987; 57: 247-258.
11. MEDRANO GA, DE MICHELI A, ARANDA A, ITURRALDE P: *¿Es aún válido el concepto de "salto de onda"?* Arch Inst Cardiol Mex 2000; 70: 19-29.

12. RUBIO R, ROSENBLUETH A: *La organización funcional de los tejidos ventriculares*. Arch Inst Cardiol Mex 1956; 26: 644-663.
13. MEDRANO GA, DE MICHELI A: *Electrocardiographic features in experimental subendocardial infarctions in canine hearts*. J Electrocardiol 1994; 27(3): 263-273.
14. SODI PALLARES D, MEDRANO GA, DE MICHELI A, TESTELLI M, BISTENI A: *Unipolar QS morphology and Purkinje potential of the free left ventricular wall. The concept of electrical endocardium*. Circulation 1961; 23: 836-846.
15. MEDRANO GA, SODI PALLARES D, DE MICHELI A, BISTENI A, POLANSKY BJ, HERTAULT J: *A study of the potentials of the Purkinje tissue*. Am Heart J 1960; 60: 562-580.
16. DE MICHELI A, MEDRANO GA: *El diagnóstico electrocardiográfico de zona inactivable miocárdica*. Arch Inst Cardiol Mex 1989; 59: 195-210.
17. DE MICHELI A, MEDRANO GA: *¿Qué debemos entender por isquemia, lesión y necrosis?* Arch Inst Cardiol Mex 1994; 64: 205-221.
18. DE MICHELI A, MEDRANO GA, ITURRALDE P: *El círculo torácico en la exploración eléctrica del corazón*. Arch Inst Cardiol Mex 2000; 70: 187-196.
19. MEDRANO GA, DE MICHELI A, ITURRALDE P: *On the electrocardiographic diagnosis of biventricular infarctions*. Acta Cardiol 2000; 55(5): 283-288.
20. BIALOSTOZKY D, LÓPEZ-MENESES M, CRESPO L, PUENTE-BARRAGÁN A, GONZÁLEZ PACHECO H, LUPÍ HERRERA E, ET AL: *La centelleografía de perfusión miocárdica (SPECT) en la evaluación de los pacientes con dolor precordial y ECG normal o dudoso en el servicio de urgencias*. Arch Inst Cardiol Mex 1999; 69: 534-545.
21. DE MICHELI A, ARANDA A, ITURRALDE P, MEDRANO GA: *The rational approach to the electrical exploration of the heart*. Arch Cardiol Mex 2001; 71: 78-87.
22. DE MICHELI A: *Hacia una electrocardiografía racional*. Arch Inst Cardiol Mex 1968; 38: 613-615.
23. ARISTOTE: *Physique et métaphysique*. (Textes choisis et traduits par S. et M. Dayan). París. PUF, 1966, p. 7.