

EDUCACIÓN MÉDICA

Modificaciones a la técnica estándar para la adquisición del electrocardiograma

Segunda parte

• Dr. Gerardo Pozas Garza¹

• *Palabras clave*

Electrocardiograma de doce derivaciones, derivaciones modificadas de tórax, formato ordenado o Cabrera.

Introducción

La técnica estándar para la adquisición del electrocardiograma consiste en la implementación de una serie de pasos que aseguren la colocación correcta de los electrodos y derivaciones electrocardiográficas.¹ La finalidad de la técnica es garantizar la validez del electrocardiograma como una herramienta diagnóstica y pronóstica, de la cual habrán de derivarse decisiones terapéuticas.^{2,3} Esta metodología se aplica tanto al electrocardiograma convencional de doce derivaciones como al círculo torácico.

Con frecuencia es necesario recurrir a ciertas modificaciones en la técnica de adquisición con el propósito de obtener la mayor información que el método pueda brindar. Dichas modificaciones deben ser ejercidas por el personal técnico y de enfermería al momento de la obtención del estudio, sean o no supervisadas por un médico, y corresponden a la sensibilidad y a la velocidad de registro, al recurrir a las derivaciones modificadas de tórax y al empleo de un formato alternativo para el despliegue del trazo electrocardiográfico conocido como ordenado o Cabrera.

Modificaciones en la sensibilidad y velocidad de registro

Medición del voltaje

El papel en el que se registra el electrocardiograma está dividido por líneas delgadas cada milímetro y

por líneas gruesas cada cinco milímetros en ambos sentidos. En el eje vertical se mide la amplitud del voltaje. Cuando la calibración es la estándar, un milivoltio = 10 milímetros, por lo tanto cada milímetro tiene un valor de 0.1 milivoltios. La sensibilidad de registro está señalada por las marcas de calibración que siempre aparecen al inicio o al final de un trazo y están representadas por un artefacto de forma rectangular y bordes rectos cuya amplitud debe corresponder a la elegida.

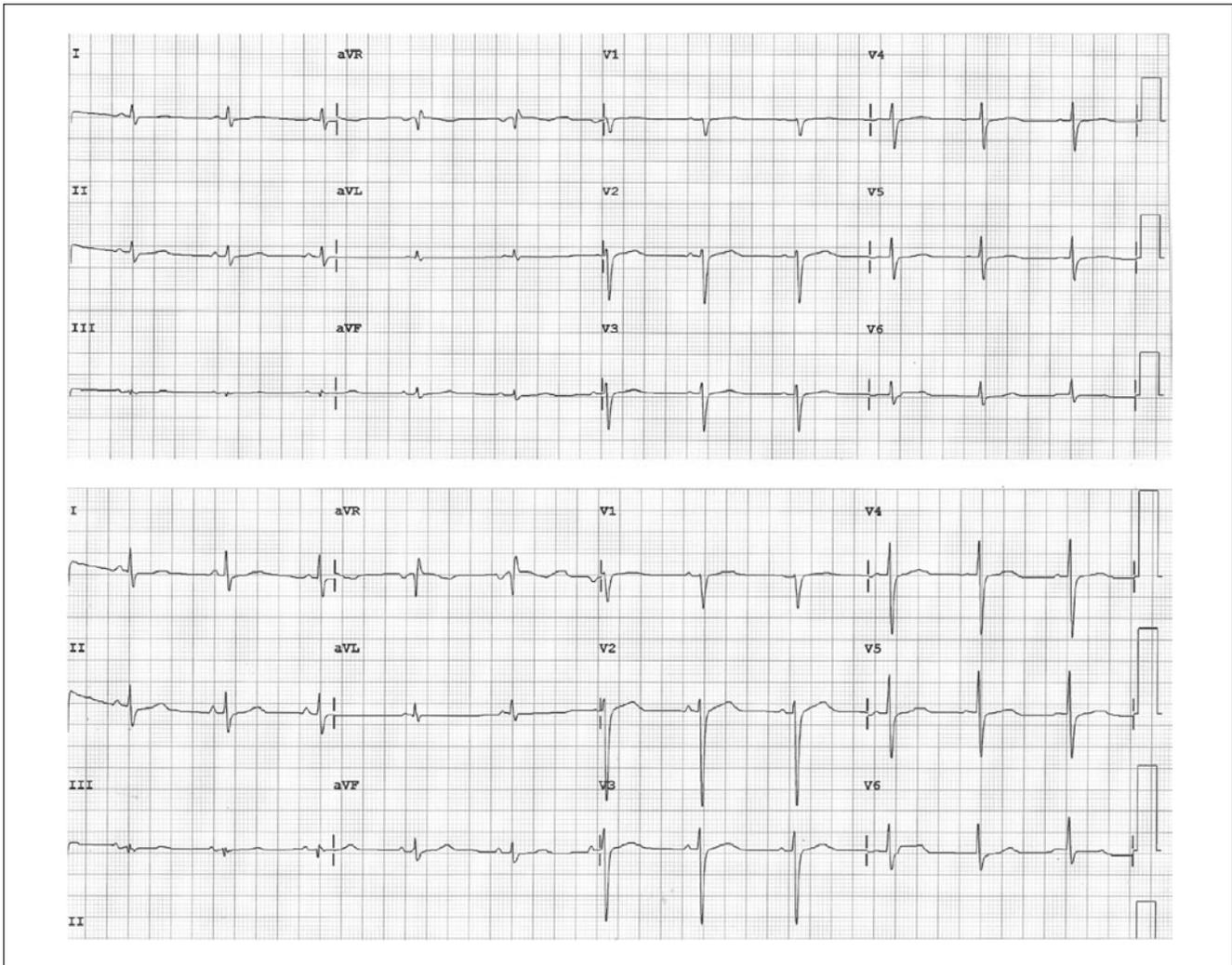
Modificación en la sensibilidad

Se puede modificar la sensibilidad de registro del electrocardiograma con el propósito de aumentar o disminuir el tamaño o la amplitud de los complejos. La sensibilidad se puede aumentar (1 milivoltio = 20 milímetros) o disminuir (1 milivoltio = 5 milímetros) según se quiera aumentar o disminuir respectivamente el tamaño de las deflexiones. En las Figuras 1 y 2 se ejemplifica la utilidad de modificar la sensibilidad de registro electrocardiográfico. Es importante señalar que algunos electrocardiógrafos modifican automáticamente la sensibilidad de registro y pueden emplear diferentes valores para la obtención de las derivaciones del plano frontal y precordial.

Cuando la marca tiene bordes redondeados, su meseta no es horizontal o tiene una amplitud diferente a la esperada, indica que el equipo está mal calibrado. Una calibración inadecuada redundará en la obtención de trazos deficientes que pueden resultar en errores diagnósticos. Asimismo, es de suma importancia verificar la marca de calibración con el propósito de evitar los diagnósticos incorrectos de bajo voltaje o hipertrofia ventricular debidos a modificaciones en la sensibilidad del equipo.

¹ Cardiólogo electrofisiólogo, Hospital San José Tec de Monterrey e Instituto de Cardiología y Medicina Vasculardel Tecnológico de Monterrey.

Figura 1



Arriba: Electrocardiograma que muestra bajo voltaje en las derivaciones del plano frontal obtenido con una sensibilidad de 10mm/mV.
 Abajo: Modificación en la sensibilidad de registro a 20mm/mV.

Medición del tiempo

En el sentido horizontal se mide el tiempo. Normalmente el papel tiene una velocidad de registro de 25 milímetros/segundo. En estas condiciones cada milímetro tiene un valor de 40 milisegundos o 0.04 segundos (5 milímetros = 200 milisegundos o 0.2 segundos, y 25 milímetros = 1,000 milisegundos o 1 segundo).

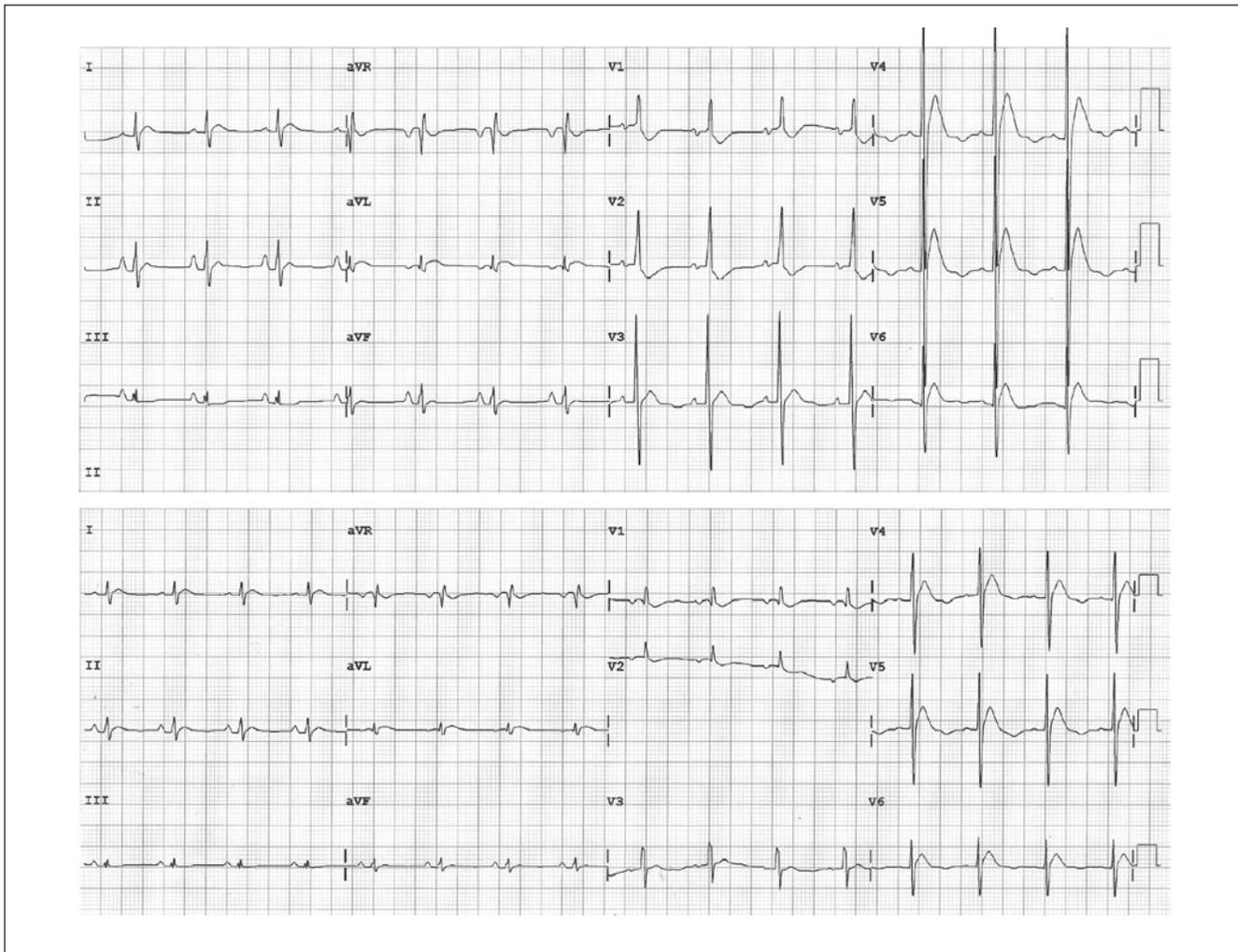
Es preferible utilizar la unidad de medición en milisegundos, ya que la mayor parte de los eventos relacionados con el electrocardiograma ocurren con intervalos de tiempo inferiores a un segundo de duración. Además, la medición de ciertos parámetros electrocardiográficos debe ser realizada en milisegundos (cálculo de la frecuencia cardíaca y del intervalo QT corregido para la frecuencia cardíaca).

Modificación en la velocidad de registro

Una limitación inherente al método electrocardiográfico es que cuando el papel corre a la velocidad normal cada milímetro tiene un valor de 40 milisegundos. La capacidad de resolución de la vista y la dificultad técnica para realizar mediciones precisas en el espacio comprendido en un milímetro justifican modificar la velocidad de registro del trazo electrocardiográfico. La velocidad de registro se puede aumentar a 50 milímetros/segundo, en cuyo caso cada milímetro corresponde a 20 milisegundos (5 milímetros = 100 milisegundos y 25 milímetros = 500 milisegundos).

Es recomendable correr el papel al doble de velocidad cuando sea necesario medir con mayor exactitud la duración de una onda o complejo en particular,

Figura 2



Arriba: Electrocardiograma que muestra complejos QRS de amplitud incrementada en las derivaciones precordiales debido a una hipertrofia biventricular obtenido con una sensibilidad de 10mm/mV. La sobreposición de los complejos ventriculares en las derivaciones V4 a V6 no permite valorar en forma apropiada la amplitud de las ondas R y S.

Abajo: Modificación de la sensibilidad de registro a 5mm/mV. La amplitud del complejo QRS es de 4.8mV en la derivación V4, de 5.2mV en V5 y de 2.8mV en V6.

(por ejemplo, la duración del complejo QRS o la duración de la onda Q). También cuando se requiera ser más preciso en la cuantificación de algún parámetro específico en casos de bloqueo de conducción intra-ventricular o hipertrofia ventricular (por ejemplo, el tiempo a la inscripción de la deflexión intrínsecoide) (ver Figura 3).

Derivaciones modificadas del tórax

También se conocen con el nombre de derivaciones bipolares torácicas. La finalidad de esta modificación a la técnica estándar es acercar la derivación electrocardiográfica al corazón con el propósito de identificar la onda P. Generalmente se recurre a estas deriva-

ciones para el diagnóstico de las taquiarritmias, tanto supraventriculares como ventriculares (asumiendo que la condición clínica del paciente es estable). Las derivaciones modificadas de tórax se emplean rutinariamente en los servicios de emergencia y en las unidades de terapia intensiva para el monitoreo de los pacientes.⁴

Técnica de adquisición

Recordemos que, por definición, la derivación DI registra la diferencia de potencial entre el brazo izquierdo (electrodo positivo) y el brazo derecho (electrodo negativo). Una derivación bipolar torácica se obtiene colocando los electrodos de los brazos en el tórax de modo que la derivación DI se transfiera al

tórax.⁵ Los electrodos de las piernas se colocan en el sitio que les corresponde. Para obtener una derivación modificada se prefiere colocar el electrodo del brazo derecho (electrodo negativo) en la parte alta del tórax y el electrodo del brazo izquierdo (electrodo positivo) en la parte baja del mismo. El razonamiento para integrar la derivación con su electrodo positivo en la parte baja del tórax va acorde a la dirección y orientación que normalmente posee el vector de la onda P. De esta forma, se obtienen diversas configuraciones para las derivaciones bipolares torácicas, ya sea en posiciones preestablecidas o a criterio de la persona que adquiere el estudio. Una vez colocados los electrodos se toma trazo de la derivación DI. Con frecuencia es necesario aumentar la sensibilidad a 20 milímetros/milivoltio para incrementar el tamaño de la onda P.

Nomenclatura

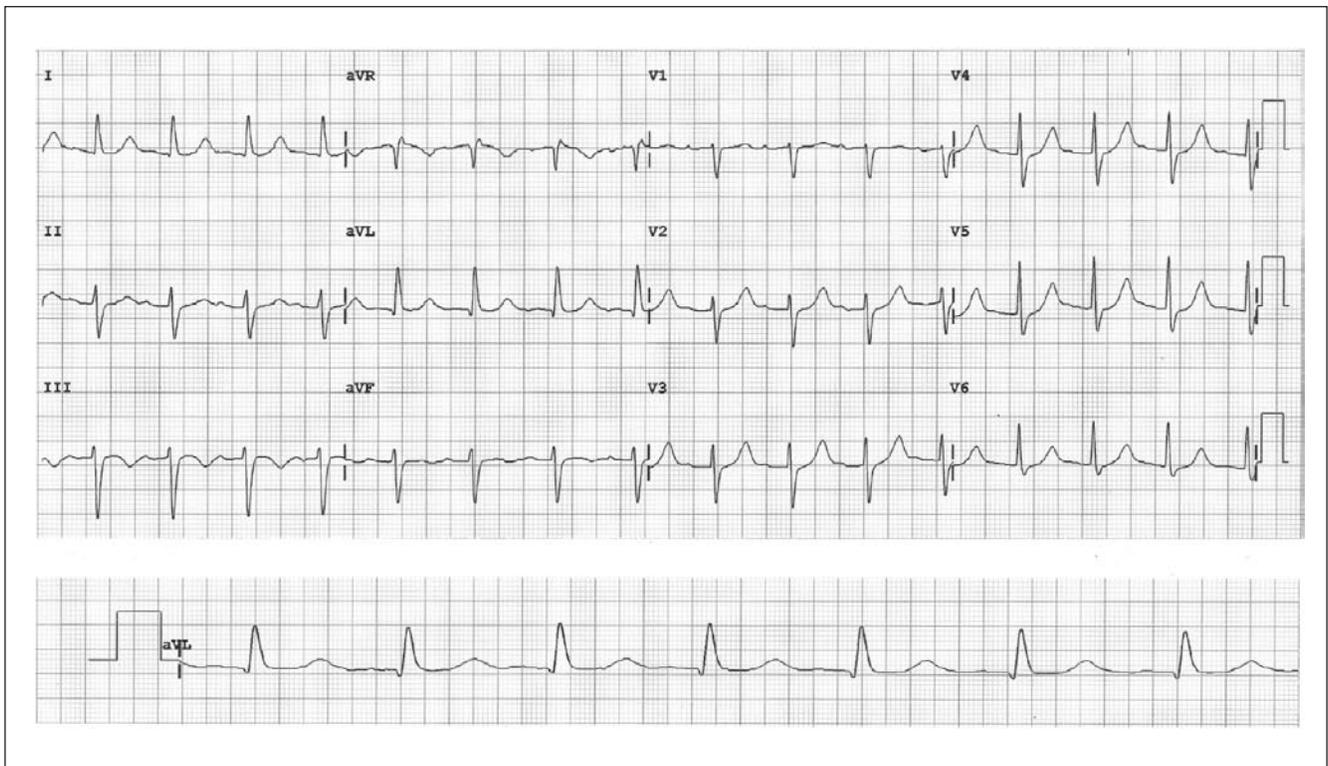
Las derivaciones más utilizadas son MCL1, MCL5 y MCL-DII. MCL significa derivación modificada de tórax, del inglés *Modified Chest Lead* (ver Figura 4). El número 1 significa que el electrodo positivo (brazo izquierdo) de la derivación está colocado en la posi-

ción que corresponde a la derivación V1 (cuarto espacio intercostal, línea paraesternal derecha); MCL5 significa que el electrodo positivo (brazo izquierdo) está en la posición V5 (a la mitad de distancia entre V4 y V6). Para estas dos derivaciones el electrodo negativo (brazo derecho) se coloca en el espacio infraclavicular izquierdo. La derivación MCL-DII se obtiene colocando el electrodo positivo en la posición V4 (quinto espacio intercostal, a mitad de la distancia entre el apéndice xifoides y V6) y el electrodo negativo en el espacio infraclavicular derecho. Si bien estas tres derivaciones son las más utilizadas, los electrodos se pueden colocar en otros sitios a criterio de la persona que adquiere el estudio. El trazo obtenido – en la derivación DI– se rotula apropiadamente como una derivación modificada. En la Figura 5 se muestra un trazo que ilustra la utilidad de una derivación modificada de tórax.

Formato Cabrera u ordenado

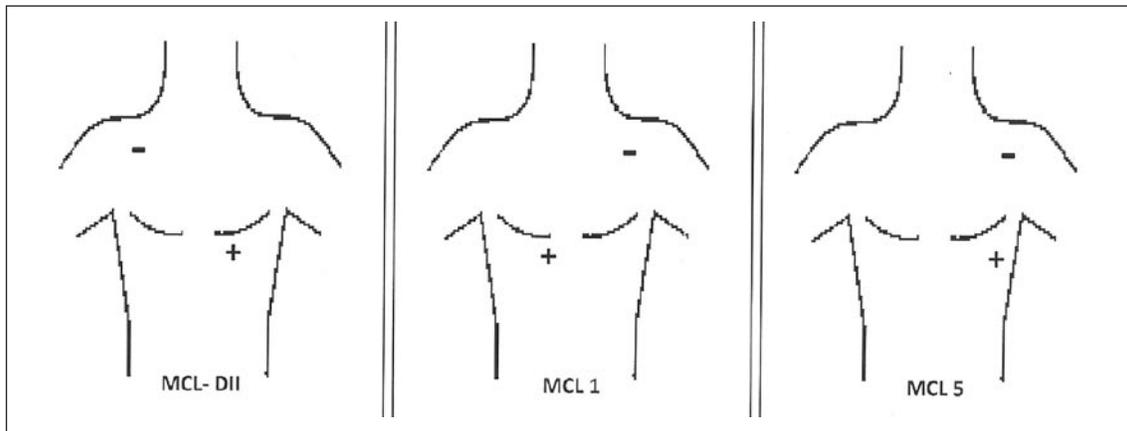
El formato tradicional de presentación del electrocardiograma tiene el siguiente orden: DI, DII, DIII, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5 y V6. Esto obedece a

Figura 3



Electrocardiograma de doce derivaciones que muestra un bloqueo del fascículo anterior izquierdo. En la parte de abajo se muestra la derivación aVL con una velocidad de registro de 50mm/seg que permite medir con mayor precisión el tiempo a la inscripción de la deflexión intrínsecoide (55mseg) (intervalo de tiempo entre el inicio del complejo QRS y el cénit de la onda R).

Figura 4



Esquemas anatómicos que señalan los sitios de colocación de los electrodos para la obtención de las derivaciones modificaciones de tórax MCL-DII, MCL 1 y MCL 5.

la secuencia cronológica de introducción de las derivaciones a la práctica clínica, pero no tiene ningún sustento anatómico o fisiológico. El resultado de la presentación convencional es que los ejes de las derivaciones del plano frontal muestran una separación espacial considerable de sus electrodos exploradores. Las derivaciones bipolares se encuentran separadas por segmentos de 60° (DI, 0° ; DII, $+60^\circ$; DIII, $+120^\circ$), mientras que las derivaciones unipolares aumentadas de las extremidades están divididas en porciones de 120° (aVL, -30° ; aVF $+90^\circ$; aVR -150°) (Figura 6, izquierda). Como consecuencia de la localización de los electrodos antes descritos, la región comprendida entre los 0° y $+60^\circ$ no es apropiadamente explorada. Además, una condición inherente a la colocación convencional de las derivaciones, que suele ser factor de confusión, es que el electrodo positivo de aVR está localizado a -150° .

Existe una alternativa para la presentación del trazo electrocardiográfico, conocido como despliegue ordenado o formato de Cabrera, en la que la derivación aVR se presenta como su imagen en espejo ($-aVR$).⁶ En este caso la derivación $-aVR$ corresponde al valor de $+30^\circ$ en la circunferencia. Este formato permite analizar la actividad eléctrica cardíaca en el plano frontal, en forma secuencial, de izquierda a derecha, con el siguiente orden: aVL, DI, $-aVR$, DII, aVF y DIII (Figura 6, derecha). De acuerdo con este arreglo las derivaciones del plano frontal quedan separadas en segmentos de 30° cada una, de -30° a $+120^\circ$, comprendiendo el espectro normal del eje eléctrico cardíaco.⁷ La derivación $-aVR$, que ahora muestra registros de polaridad predominantemente positiva, facilita la interpretación del electrocardiograma. Este

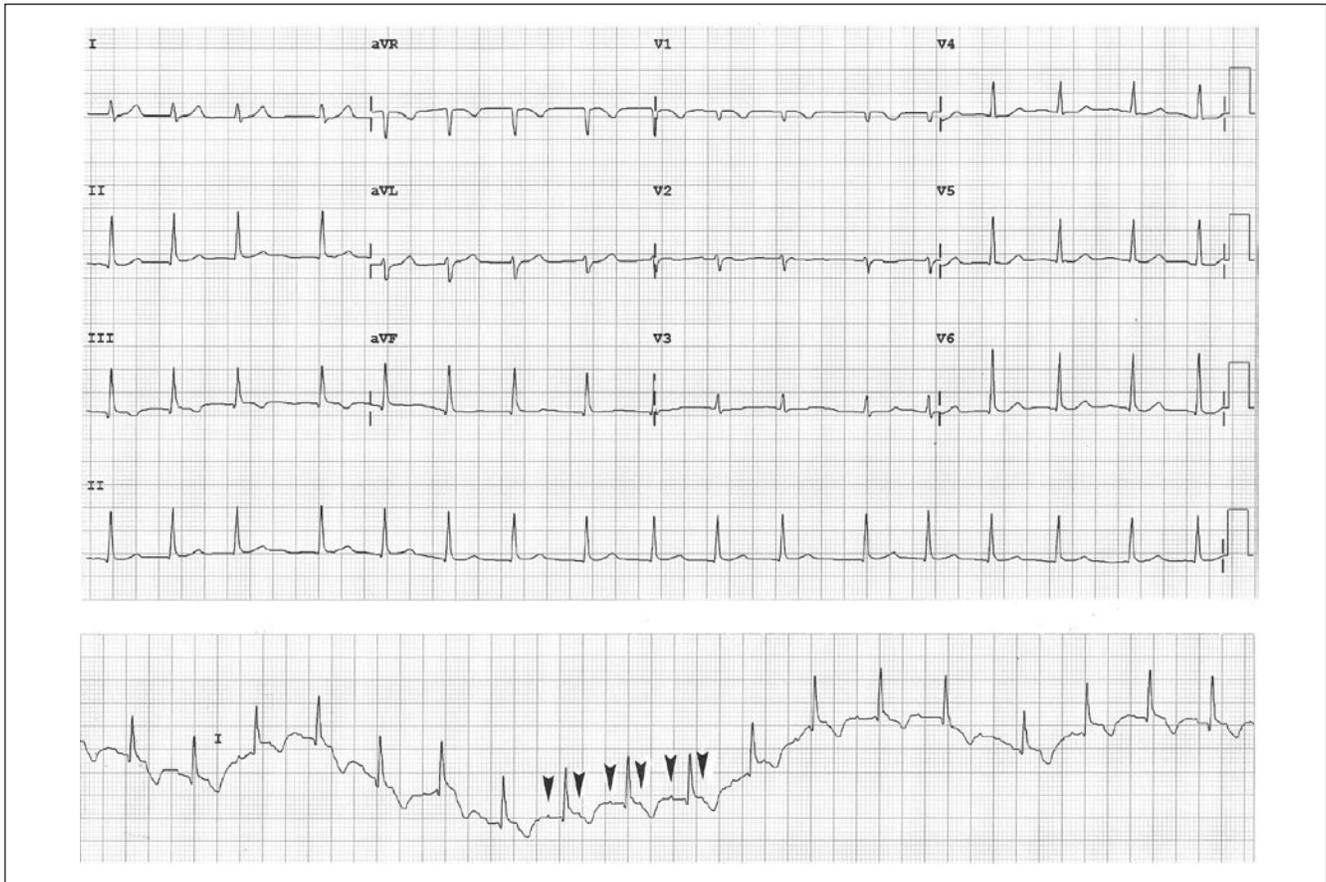
formato se adquiere colocando todos los electrodos de la manera convencional y seleccionando el modo al momento de imprimir el electrocardiograma. En la Figura 7 se ilustra un electrocardiograma desplegado con el método de Cabrera.

Discusión

Amplitud de los complejos electrocardiográficos

Los factores que determinan la amplitud de las ondas y complejos electrocardiográficos son diversos: sitio de colocación del electrodo, distancia del electrodo respecto al corazón, relación de la magnitud y dirección del vector cardíaco (dipolo) con el electrodo de superficie, impedancia de los tejidos situados entre el corazón y los electrodos, y efectos de barrera para la conducción del impulso eléctrico (obesidad). Además, los valores normales para la amplitud del complejo QRS varían ampliamente dependiendo de la edad, el género, la complejión y la impedancia de los tejidos. El bajo voltaje se define por una amplitud menor de 0.5 mV (5mm) para cada una de las derivaciones bipolares estándar del plano frontal (DI, DII y DIII). En lo que respecta a las derivaciones precordiales se habla de bajo voltaje cuando la amplitud de los complejos es menor de 1 mV (10mm). El bajo voltaje puede ser debido a alteraciones cardíacas y extracardíacas. Dentro de las primeras están el derrame pericárdico con o sin taponamiento cardíaco, múltiples infartos de miocardio, miocarditis aguda, algunas miocardiopatías y la insuficiencia cardíaca avanzada. Las causas extracardíacas corresponden a la anasarca, el derrame pleural, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el hipotiroidismo. El análisis de la morfología de los complejos ventriculares se difi-

Figura 5



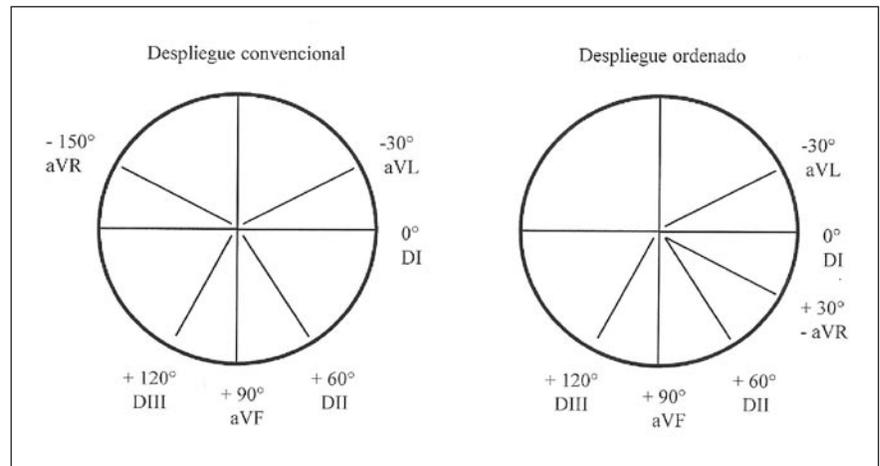
Electrocardiograma de doce derivaciones y trazo de ritmo en la derivación DII (arriba) y MCL1 (abajo) de una paciente con antecedente de taquicardia auricular. La derivación modificada, adquirida con una sensibilidad de 20mm/mV, muestra una taquicardia auricular con bloqueo auriculoventricular. Las cabezas de flecha señalan la localización de las ondas P.

culta en casos de bajo voltaje generalizado y de sobreposición de los complejos debido a un incremento en su amplitud (hipertrofia ventricular, dilatación ventricular). En ambas circunstancias es importante modificar la sensibilidad de registro para obtener un trazo electrocardiográfico de la mejor calidad posible.

Derivaciones modificadas de tórax

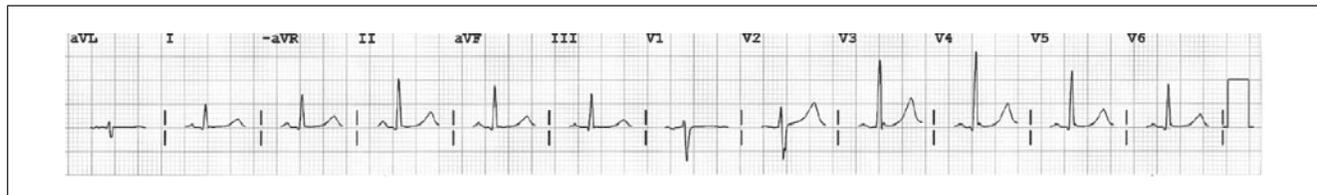
El diagnóstico de una taquiarritmia depende de la identificación de la onda P y del establecimiento de la relación de la onda P con los complejos QRS.⁸ El proceso diagnóstico debe definir si la relación entre la onda P y QRS es

Figura 6



Despliegue de las derivaciones del plano frontal con el formato convencional (izquierda) y el formato ordenado o de Cabrera (derecha).

Figura 7



Electrocardiograma de doce derivaciones obtenido con el formato de Cabrera en una persona sana. Obsérvese la derivación $-aVR$. El eje eléctrico de QRS está en $+64^\circ$.

1:1, o bien, si se observa algún grado de bloqueo auriculoventricular o si existe disociación auriculoventricular. Los factores que limitan el reconocimiento de la onda P están relacionados con su poca amplitud y por el hecho de que generalmente queda sobrepuesta al complejo QRS o enmascarada por la onda T debido al incremento de la frecuencia cardíaca. En estas condiciones es imprescindible recurrir a las derivaciones modificadas para identificar la onda P (*cherchez la P*, reza el adagio francés). En forma concomitante se puede aumentar la sensibilidad de registro (20 mm/mV) o realizar maniobras diagnóstico-terapéuticas, como el masaje del seno carotídeo para incrementar el rendimiento diagnóstico. Se recomienda obtener trazos de ritmo que tengan una duración suficiente, sobre todo cuando se estudian arritmias en las que se identifica algún patrón repetitivo (grupos de latidos, aloarritmia).

Método de Cabrera

El método de Cabrera –en honor a Enrique Cabrera, cardiólogo mexicano– se emplea en Suecia desde hace más de 25 años. En el año 2000, la Sociedad Europea de Cardiología y el Colegio Americano de Cardiología recomendaron que el método debe implementarse en forma rutinaria durante el análisis electrocardiográfico.⁹ De la misma forma como las derivaciones precordiales exploran en forma secuencial al ventrículo derecho, septum y ventrículo izquierdo, el método de Cabrera propone analizar la actividad eléctrica del corazón, en el plano frontal, en forma ordenada, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Desde el punto de vista didáctico, cuando se enseña la forma de calcular el eje eléctrico cardíaco a los estudiantes, el método de Cabrera es superior al basado en el electrocardiograma cuyas derivaciones son desplegadas con el formato convencional.¹⁰ Clínicamente, el formato de Cabrera permite analizar el infarto de miocardio en forma más completa, particularmente cuando involucra a las regiones inferior y lateral del ventrículo izquierdo.¹¹

Conclusiones

El personal técnico y de enfermería responsable de la adquisición del estudio, y el médico que supervisa su obtención, deben tener presentes las modificaciones antes citadas con el fin de obtener un mayor rendimiento diagnóstico del electrocardiograma.

Referencias bibliográficas:

- Pozas G. Implementación de una técnica estándar para la adquisición del electrocardiograma. *Revista Avances* 2010;20:52-56.
- Hurst JW. The rise, fall, and rise again of the ECG as a diagnostic tool. *Chest* 1997;111:800-801.
- Fisch Ch. The evolution of the clinical electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1127-1138.
- Crew B, Califf R, Funk M, et al. Practice standards for electrocardiographic monitoring in hospital settings. *Circulation* 2004;110:2721-2746.
- Pozas G, Iturralde P. *Electrocardiografía diagnóstica*. McGrawHill-Interamericana 1998. Página 164.
- A Scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. *Circulation* 2007;115:1306-1324.
- Sgarbossa E, Barold S, Pinski S, Wagner G, Pahlm O. Tweak lead ECG: the advantages of an orderly frontal lead display including lead $-aVR$. *J Electrocardiol* 2004;37:141-147.
- Bar F, Brugada P, Dassen W, Wellens H. Differential diagnosis of tachycardia with narrow QRS complex (shorter than 0.12 seg). *Am J Cardiol* 1984;54:555-560.
- Myocardial infarction redefined: a consensus document of the Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology Committee for the redefinition of myocardial infarction. *Eur Heart J* 2000;21:1502-13.
- Pahlm US, O'Brien JE, Petterson J, et al. Comparison of teaching the basic electrocardiogram limb lead display. *Am Heart J* 1997;134:1014-1018.
- Menown IB, Adgey AA. Improving the ECG classification of inferior and lateral myocardial infarction by inversion of lead aVR . *Heart* 2000;83:657-660.

Correspondencia:

Dr. Gerardo Pozas Garza
Email: gpozas@itesm.mx