



CARDIOLOGÍA DEL ADULTO - REVISIÓN DE TEMAS

Influencia de los cambios posturales en el electrocardiograma

Giuseppe Lanza

Instituto Médico Dr. José Gregorio Hernández, Caracas, Venezuela

Recibido el 11 de junio de 2013; aceptado el 18 de febrero de 2014

PALABRAS CLAVE

Electrocardiograma;
Electrocardiografía;
Intervalo QRS

Resumen Diferentes posiciones del cuerpo tienen influencia demostrada en los cambios de trazo de un electrocardiograma: alteración de la respiración, cambios en el vectocardiograma, posiciones de los brazos y segmento ST, posición del cuerpo y el síndrome de QT largo, alteración del voltaje de R, onda Q y eje eléctrico, colocación inadecuada de electrodos, entre otros aspectos. En este artículo se realiza una revisión global a fin de llamar la atención en aquellos cambios del trazo del electrocardiograma que pudieran interpretarse de manera inadecuada o atribuirse a patología inexistente.

© 2013 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

ECG;
Electrocardiography;
QRS interval

Influence of postural changes in the electrocardiogram

Abstract Different body positions have a demonstrated influence in changes of an electrocardiogram tracing: breathing alterations, changes in the vectorcardiogram, arm positions and ST segment, body position and long QT syndrome, R voltage alteration, Q wave and electrical axis and improper placement of electrodes, among others. In this paper a global review is done in order to draw attention to those changes in the electrocardiogram tracing that could be improperly interpreted or be attributed to a non-existent pathology.

© 2013 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La medicina como ciencia avanza en cada momento histórico y no es difícil reconocer el electrocardiograma como una herramienta valiosa en el estudio del corazón y de sus múltiples patologías asociadas. En 1924, Einthoven fue acreedor al premio Nobel de Fisiología y Medicina¹ y las subsiguientes investigaciones han permitido explorar los diferentes fenómenos relacionados a los miocitos y a las células especializadas en la conducción del impulso eléctrico que recorre en milisegundos toda la estructura cardíaca, y a traducirse en un fenómeno mecánico-hidráulico en el ciclo sístole-diástole. El estudio de la actividad eléctrica cardíaca se ve reflejado en el trazo de un electrocardiograma por medio de la secuencia de ondas y segmentos que son teorizados por medio del estudio de potenciales de acción, postpotenciales, trayectos y circuitos en las taquicardias reentrantes y en las canalopatías, interpretaciones dadas a través de modelos matemáticos^{2,3} en virtud de que los fenómenos ocurren en un instante rapidísimo, difícil de observar y registrar. El objetivo último es comprender con amplitud la estructura molecular y bioquímica de cada milímetro del corazón y aplicar ese conocimiento de manera útil, paciente y sabia, con miras a lograr mejorar los parámetros de lectura del electrocardiograma y realizar una interpretación más aguda y contundente que permita la toma de decisiones clínicas o de laboratorio.

Con toda la gama de mediciones que se le aplican a la lectura de un electrocardiograma, existen circunstancias e influencias que pueden alterar ese trazado; de no considerarlas se corre el riesgo de interpretar como cierto algo que es falso y viceversa. Es así como llama la atención que diferentes posiciones del cuerpo tengan influencia demostrada en los cambios del trazo de un electrocardiograma: alteración de la respiración⁴, cambios en el vectocardiograma⁵, distintas posiciones de los miembros superiores y segmento ST⁶⁻¹⁰, relación de la posición del cuerpo y el síndrome QT largo¹¹, alteración del voltaje de la R^{12,13}, cambios en la ubicación de los electrodos exploradores, onda Q y eje eléctrico cardíaco¹⁴, entre otros aspectos.

El objetivo de esta revisión es estudiar de manera general y amplia las influencias de la posición del cuerpo en el trazado electrocardiográfico: el centro eléctrico del corazón, las ondas del complejo QRS, el segmento ST, la colocación incorrecta de electrodos, la alteración de la frecuencia cardíaca y la alteración del QT.

El centro eléctrico del corazón

El centro eléctrico del corazón está en el centro del triángulo de Einthoven de acuerdo con la teoría aceptada. Desde ese punto se puede fijar el inicio del eje eléctrico del QRS medio, que tiene la dirección usual de arriba hacia abajo, de derecha a izquierda, de atrás hacia adelante. El cambio de posición del cuerpo podría tener alguna influencia en la dirección señalada. En un estudio¹⁵ de 77 adolescentes con edades entre 8 y 21 años, se ubicaron los electrodos en los espacios intercostales 4° y 5°, y se determinó que el desplazamiento del centro eléctrico del corazón es realmente insignificante en un sistema de derivaciones de Frank; sin embargo cuando se revisó la amplitud del com-

plejo QRS, sí se encontró un decrecimiento significativo en la derivaciones X y Z. Otros autores obtuvieron resultados similares¹⁶ cambiando la posición de los electrodos a la fosa infraclavicular y el abdomen.

Al estudiar pacientes pediátricos en comparación con monos, Saimiri halló que los cambios en el eje QRS, el eje de P y la amplitud de las R indican variaciones de maduración de acuerdo con la edad, el tamaño del cuerpo y la posición del mismo. Recalcó, además, que estos cambios son similares entre primates¹⁷.

En casos de haber defectos en el pericardio, evaluaron 4 pacientes con 115 controles, encontrándose que la desviación del eje mediante vectocardiograma es mayor entre aquellos con defectos en el pericardio¹⁸.

Las ondas R del complejo QRS

Se han documentado de manera firme los efectos de la gravedad en la frecuencia cardíaca y en la presión arterial, pero no así en el electrocardiograma. En un estudio¹⁹ de 20 individuos, a quienes se les practicó electrocardiograma de 5 minutos en diferentes posiciones: acostado, sentado, de pie, se hallaron diferencias significativas en la R de acuerdo con la posición, siendo más pequeñas de pie que en las otras posiciones; mientras que la frecuencia cardíaca fue más alta en la posición de pie. En sujetos adultos sometidos a entrenamiento físico, no se encontraron cambios antes y después del entrenamiento, a pesar de haber diferencias en el electrocardiograma de acuerdo con la posición del cuerpo²⁰.

De otra parte, los cambios de gravedad sobre los fluidos corporales tienen algún efecto en la fisiología cardíaca. Estos cambios de gravedad²¹ se lograron a través de vuelos parabólicos y con la rotación del cuerpo en diferentes actitudes posturales. La onda R se incrementó en hipergravedad en el eje Z en 0,19 mV y disminuyó en posición antiortostática. En los vuelos parabólicos los cambios en el voltaje de QRS son más importantes que en los cambios posturales solamente. Se intenta crear nuevos dispositivos miniaturizados de electrocardiograma que logren fijar una mejor detección de las ondas R así como de P y T²², utilizando modelos tridimensionales del torso. Se han usado dispositivos implantables subcutáneos y se han obtenido cambios decisivos de la amplitud de la onda R²³.

Al evaluar los cambios en la despolarización y repolarización ventricular latido a latido, en diferentes posiciones y con ángulo de inclinación establecido, se producen oscilaciones de bajas frecuencias en el QRS y QRST²⁴ que varían con las posturas. Dichos cambios se atribuyen a una adaptación circulatoria mediada por el control autonómico²⁵ y se convierten en variabilidad intraindividual. Estudios hechos en corazones perfundidos y aislados de perros, encontraron cambios importantes en la altura de la R y el pico de la T²⁶.

El segmento ST

Se evaluaron las alteraciones del segmento ST en el contexto de la isquemia miocárdica en experimentos en los que se miden los potenciales epicárdicos en todo el corazón en 670 puntos²⁷. Los resultados se manejaron con un simulador por medio del análisis de sensibilidad que generaliza a

través de un polinomio estocástico-caos, un método relativamente nuevo y muy eficiente. Los cambios de voltaje del ST fueron sensibles desde el ápex hacia atrás en 0,2 mV, los cuales pudieran minimizar o enmascarar eventos isquémicos. Estos hallazgos plantean un cambio en los protocolos con el objetivo de mejorar el diagnóstico de isquemia. Otros autores²⁸ utilizaron un modelo laplaciano para lograr resultados con mayor éxito de diagnóstico y certeza.

En quienes por trastornos de la repolarización y cierto descenso en el segmento ST no se pudo demostrar cardiopatía, se practicó un electrocardiograma Holter donde se evidenció que esos cambios persistieron, lo que planteó dudas en la validez del Holter para estudiar isquemia²⁹.

De otra parte, en un reporte de caso se hizo un electrocardiograma de esfuerzo que mostró variables en el segmento ST, las cuales se atribuyeron a los cambios de posición del brazo e hiperventilación; la coronariografía fue normal³⁰.

Para aquellos pacientes que ingresaron por el servicio de emergencia por dolor torácico con diagnóstico final de infarto del miocardio sin elevación del ST, angina de pecho y otras enfermedades cardiovasculares, se planteó que el electrocardiograma en diferentes posiciones: decúbito dorsal, sentado, de pie, decúbito lateral derecho e izquierdo produce un cambio dinámico en el ST, en el patrón del QRS y en el eje medio³¹.

En adultos sanos sometidos a estrés de aceleración positiva por pocos segundos se observa incremento de la onda P e inversión de la T, así como desnivel del ST en quienes presentan anomalías vasorreguladoras³².

Ubicación incorrecta de electrodos

Existen estudios que confirman la alteración del electrocardiograma debido a la mala colocación de electrodos en el torso del paciente^{33,34}. Se sospecha que la inversión en la ubicación de los cables produce una inversión de las ondas y cambio del eje eléctrico, así como progresión anormal de las r en precordiales. Estos errores han motivado la creación de algoritmos computarizados basados en redes neuronales para hacer el diagnóstico automático en los equipos médicos³⁵. En niños se ha preferido colocar los electrodos en el quinto espacio intercostal para obtener mejores resultados³⁶ y se ha evaluado la distancia de separación entre electrodos próximos. Considerando que en las escuelas de medicina se enseña poco o nada del efecto que produce la mala colocación de los electrodos en el torso, con las consecuencias de tener un electrocardiograma que podría emular u ocultar una patología, se creó un simulador que facilita esa tarea. La aplicación de este *software* ha tenido buena receptividad entre los estudiantes de la Universidad de Ulster³⁷.

Alteración de la frecuencia cardíaca

En un estudio de 30 sujetos sometidos a diferentes posiciones (decúbito, sentado, de pie) se encontró que las variaciones de la frecuencia cardíaca fueron más altas en decúbito en comparación con posición de pie, más variable en hombres que en mujeres³⁸. En otro estudio suministraron 300 mg diario de vitamina C durante seis semanas y encontraron una disminución de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca y

de la presión arterial con los cambios posturales³⁹, así como reducción de las demandas miocárdicas de oxígeno.

El ejercicio induce cambios en el sistema nervioso autónomo en la variabilidad de la frecuencia cardíaca dependiendo de las diferentes posiciones del cuerpo (sentado, acostado, de pie). En diferentes ocasiones se manifiestan cambios que no se hubieran presentado de haberse registrado en una sola posición⁴⁰.

Alteración del QT

Se estudiaron veinte sujetos sanos en posición decúbito con la cabeza hacia atrás entre 6 y 90 grados, con base en observaciones previas de sujetos en vuelos espaciales. La dispersión del QT fue alterada sin detectarse cambios ni en electrolitos ni en volumen plasmático⁴¹. El cambio de posición tiene influencia en el QT de niños pediátricos y relación con la muerte súbita⁴². En laparoscopia y laparotomía variaron la posición del paciente en Trendelenburg en 145 y 30 grados; hubo un incremento de variabilidad de los RR de forma intraoperatoria, pero no hubo cambio significativo en cuanto a la dispersión del QT⁴³.

Conclusiones

Las variaciones observadas en el electrocardiograma, debido a los cambios posturales, tienen diferentes vertientes por considerar: capacitancia y resistencia arterial, consumo máximo de oxígeno, gasto cardíaco, volumen latido, control autónomo, barorreceptores y gravedad, cambios que, vale anotar, también se han visto en animales⁴⁴⁻⁴⁷. Debido a la importancia de los cambios posturales en el trazo del electrocardiograma, se ha tratado de agregar un acelerómetro con un Holter de arritmia para identificar las variaciones de posición y evitar falsos positivos⁴⁸; lo que se intenta es mejorar la interpretación de un electrocardiograma para ofrecer un diagnóstico más certero.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Lama A. Einthoven: el hombre y su invento. Rev Med Chile. 2004;132:260-4.
2. Lanza Tarricone G. Fórmulas para el QT corregido y consideraciones clínicas. Gac Med Caracas. 2008;116:224-34.
3. Lanza Tarricone G. Modelos matemáticos en cardiología. Avances Cardiol. 2013;33:32-9.
4. Yao D, He W, Yang H. Influence of heart position change on body surface potential distribution. Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue ZaZhi. 2001;18:527-9.
5. Aström M, García J, Laguna P, Pahlm O, Sörnmo L. Detection of body position changes using the surface electrocardiogram. Med Biol Eng Comput. 2003;41:164-71.
6. Michaelides AP, Liakos CI, Raftopoulos LG, Antoniadis C, Tsiachris D, Marinou K, et al. Correlation of arm position and exercise interpretation. Hellenic J Cardiol. 2012;53:398-9.
7. Mincholé A, Sörnmo L, Laguna P. Conf Proc IEEE. Eng Med Biol Soc. 2011:6931-4.

8. Baevsky RH, Haber MD, Blank FS, Smithline H. Supine vs. semirecumbent and upright 12-lead electrocardiogram: does change in body position alter the electrocardiographic interpretation for ischemia? *Am J Emerg Med.* 2007;25:753-6.
9. Swenson DJ, Geneser SE, Stinstra JG, Kirby RM, MacLeod RS. Cardiac position sensitivity study in the electrocardiographic forward problem using stochastic collocation and boundary element methods. *Ann Biomed Eng.* 2011;39:2900-10.
10. García J, Aström M, Mendive J, Laguna P, Sörnmo L. ECG-based detection of body position changes in ischemia monitoring. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2003;50:677-85.
11. Aziz PF, Wieand TS, Ganley J, Henderson J, Patel AR, Iyer VR, et al. Genotype and mutation site-specific QT adaptation during exercise, recovery, and postural changes in children with long-QT syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2011; 4:867-73.
12. Jones AY, Kam C, Lai KW, Lee HY, Chow HT, Lau SF, et al. Changes in heart rate and R-wave amplitude with posture. *Chin J Physiol.* 2003;46:63-9.
13. Adams MG, Dibujó BJ. Body position effects on the ECG: implication for ischemia monitoring. *J Electrocardiol.* 1997;30: 285-91.
14. Cagán S, Kuchárová L. Evaluation of the Q wave in leads II, III, and aVF. I. Deviation of the electrical axis of the heart, ischemic heart disease. *Vnitř Lek.* 1989;35:743-51.
15. Bernadic M, Hulín I. Referential plane of the equivalent dipole of the heart in an orthogonal ECG of healthy adolescents at postural changes. *Cor Vasa.* 1983;25:56-64.
16. Rautaharju PM, Prineas RJ, Crow RS, Seale D, Furberg C. The effect of modified limb electrode positions on electrocardiographic wave amplitudes. *J Electrocardiol.* 1980;13:109-13.
17. Brady AG, Johnson WH Jr, Botchin MB, Williams LE, Scimeca JM, Abee CR. Developmental changes in ECG associated with heart rate are similar in squirrel monkey and human infants. *Lab Anim Sci.* 1991;41:596-601.
18. Inoue H, Mashima S, Takayanagi K, Murayama M, Matsuo H, Sakamoto T, Murao S. Postural changes of vectorcardiogram in defect of the left pericardium. *J Electrocardiol.* 1981;14:21-4.
19. Jones AY, Kam C, Lai KW, Lee HY, Chow HT, Lau SF, Wong LM, He J. Changes in heart rate and R-wave amplitude with posture. *Chin J Physiol.* 2003;46:63-9.
20. Miller W, Kertzer B, Bunk C, Alexander L. Normal variations in body surface electrocardiographic potential distributions during QRS: Effects of exercise and exercise training. *J Electrocardiology.* 1985;18:239-50.
21. Saltykova M, Capderou A, Atkov O, Gusakov V, Baillart O, Konovalov T, Kataev V, Voronin L, Kaspranskiy R, Morgun V, Vaida P. ECG voltage modifications as response to gravity changes. *Gravit J Physiol.* 2004;11(2): 87-8.
22. Lim KM, Hong SB, Jeon JW, Gyung MS, Ko BH, Bae SK, Shin KS, Shim EB. Predicting the optimal position and direction of a ubiquitous ECG using a multi-scale model of cardiac electrophysiology. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011;2011: 993-6.
23. Van Dam P, Van Groenigen C, Houben R, Hampton D. Improving sensing and detection performance in subcutaneous monitors. *J Electrocardiology.* 2009;42:580-3.
24. Kelleraova E, Szathmary V, Kozmann G, Karaszti K, Tarjanyi Z. Spontaneous variability and reactive postural beat-to-beat changes of integral ECG Body Surface Potential Maps. *Physiol. Res.* 2010;59:887-96.
25. Sheriff D, Nadland I, Toska K. Role of sympathetic responses on the hemodynamic consequences of rapid changes in posture in humans. *J Appl Physiol.* 2010;108:523-32.
26. MacLeod RS, Ni Q, Punske B, Ershler PR, Yilmaz B, Taccardi B. Effects of heart position on the body-surface electrocardiogram. *J Electrocardiol.* 2000;33 (Suppl): 229-37.
27. Swenson DJ, Geneser SE, Stinstra JG, Kirby RM, MacLeod RS. Cardiac position sensitivity study in the electrocardiographic forward problem using stochastic collocation and boundary element methods. *Ann Biomed Eng.* 2011;39:2900-10.
28. Ninchola A, Sommo L, Laguna P. ECG-based detection of body position changes using a Laplacian noise model. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011;6931-4.
29. Palma J. *Electrocardiografía de Holter: bases prácticas y aplicaciones clínicas.* España: Madrid. Ediciones Normas 1983.
30. Michaelides A, Liakos C, Raftopoulos L, Antoniadis C, Tsiachris D, Marinou K, Stefanadis C. Correlation of arm position and exercise interpretation. *Hellenic J Cardiol.* 2012;53:397-9.
31. Shusterman V, Goldberg A, Schindler D, Fleischmann K, Lux R, Drew B. Dynamic tracking of ischemia in the surface electrocardiogram. *J Electrocardiol.* 2007;40:179-86.
32. Khanna PK, Balasubramanian KV, Dham SK, Rai K, Hoon RS. Effect of positive acceleration (+gz) on electrocardiogram of subjects with vasoregulatory abnormality. *Br Heart J.* 1977;39: 317-22.
33. Bond RR, Finlay DD, Nugent CD, Breen C, Guldenring D, Daly MJ. The effects of electrode misplacement on clinicians' interpretation of the standard 12-lead electrocardiogram. *Eur J Intern Med.* 2012;23:610-5.
34. Rowlands DJ. Inadvertent interchange of electrocardiogram limb lead connections: analysis of predicted consequences part II: double interconnection errors. *J Electrocardiol.* 2012;45:1-6.
35. Batchvarov VN, Malik M, Camm AJ. Incorrect electrode cable connection during electrocardiographic recording. *Europace.* 2007;9:1081-90.
36. Macfarlane PW, Coleman EN, Simpson A. Modified axial lead system in children. *Br Heart J.* 1977;39:1102-8.
37. Bono R, Finlay D, Nugent C, Moore G, Guldenring D. A simulation tool for visualizing and studying the effects of electrode misplacement on the 12-lead electrocardiogram. *J Electrocardiology.* 2011;44:439-44.
38. Young F, Leicht A. Short-term stability of resting heart rate variability: influence of position and gender. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.* 2011;36:210-8.
39. Jaja SI, Ogungbemi SI, Kehinde MO. Electrocardiographic and blood pressure changes in apparently healthy male subjects following oral, chronic, low-dose vitamin C supplementation and/or change in posture. *Nig Q J Hosp Med.* 2008;18:96-100.
40. Grant CC, Viljoen M, Janse van Rensburg DC, Wood PS. Heart rate variability assessment of the effect of physical training on autonomic cardiac control. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2012;17:219-29.
41. Sakowski C, Starc V, Smith SM, Schlegel TT. Sedentary long-duration head-down bed rest and ECG repolarization heterogeneity. *Aviat Space Environ Med.* 2011;82:416-23.
42. Baker SS, Milazzo AS Jr, Valente AM, Paul IM, Talner NS, Sanders SR, Kanter RJ, Li JS. Measures of cardiac repolarization and body position in infants. *Clin Pediatr (Phila).* 2003;42:67-70.
43. Uğur B, Odabaşı AR, Yüksel H, Sen S, Oğurlu M, Tekten T. Effects of positioning in laparoscopic adnexal surgery on QT dispersion and heart rate variability under sevoflurane anesthesia. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2007;17:26-31.
44. Bartlett SL, Abou-Madi N, Kraus MS, EB Wiedner, Starkey SR, Kollias GV. Electrocardiografía del elefante asiático (*Elephas maximus*). *J Wildl Zoo Med.* 2009;40:466-73.
45. Coleman MG, Robson MC. Evaluation of six-lead electrocardiograms obtained from dogs in a sitting position or sternal recumbency. *Am J Vet Res.* 2005;66:233-7.
46. Fregin GF. The equine electrocardiogram with standardized body and limb positions. *Cornell Vet.* 1982;72:304-24.
47. Harvey AM, Faena M, Darke PG, Ferasin L. Effect of body position on feline electrocardiographic recordings. *J Vet Intern Med.* 2005;19:533-6.
48. Ng J, Sahakian AV, Swiryn S. Accelerometer-based body-position sensing for ambulatory electrocardiographic monitoring. *Biomed Instrum Technol.* 2003;37:338-46.