

Localización del electrodo de marcapasos definitivo en el tracto de salida del ventrículo derecho mediante tomografía axial computarizada*

Iván Bonilla-Morales,** Milton Ernesto Guevara-Valdivia,** I Gómez-León,**
S Solano Macedo,** HG Quezada-Bucio,** V Sánchez-Espinola,** JA Molina Guerra,**
P Cruz-Domínguez,** JM de la Rosa-Jiménez**

RESUMEN

Introducción: Precisar la ubicación del electrodo de marcapasos en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) es difícil mediante las técnicas convencionales (fluoroscopia y electrocardiografía). La tomografía permite determinar de forma tridimensional la relación del electrodo en el TSVD. **Objetivo:** Determinar la localización del electrodo de marcapasos mediante la tomografía axial computarizada y comparar los resultados con la localización electrocardiográfica y fluoroscópica. **Material y métodos:** Se incluyeron 36 pacientes portadores de marcapasos definitivo VVI con el electrodo localizado en el TSVD, a quienes se les tomó un electrocardiograma de 12 derivaciones, proyecciones fluoroscópicas convencionales y tomografía multicorte para determinar la posición del electrodo en el TSVD. **Resultados:** Mediante el electrocardiograma se localizó el electrodo septal en 58.3% y en pared libre en 41.7%. Por fluoroscopia en oblicua anterior izquierda (OAI) a 35° se localizó el electrodo en pared anterior 5.6%, en pared libre en 38.9% y septal en 55.6%; en OAI a 45° en pared anterior en 2.8%, en pared libre 44.4% y septal en 52.8%. Mediante tomografía se documentó la posición anterior del electrodo en 39%, pared libre en 48% y septal en 13%. El coeficiente Kappa de las 3 pruebas mostró una concordancia muy baja. **Conclusión:** La tomografía es un mejor método para determinar la posición del electrodo en TSVD comparado contra la fluoroscopia y el electrocardiograma.

Palabras clave: Marcapasos, tracto de salida del ventrículo derecho, electrocardiograma, tomografía, asincronía ventricular.

ABSTRACT

Introduction: Determination of the location of the lead of the permanent pacemaker in the right ventricle outflow tract (RVOT) it's difficult with the conventional techniques (fluoroscopic images and electrocardiography). The computed tomography (CT) allows to determinate in three dimensions the relation between the lead and the RVOT. **Objective:** Determine the location of the electrode lead by computed tomography and compare the results with electrocardiographic and fluoroscopy images localization. **Material and methods:** 36 patients were included with VVI permanent pacemaker with the lead in the RVOT. A 12-lead electrocardiogram, fluoroscopy images and CT were performed to determine the position of the lead in the RVOT. **Results:** By electrocardiogram, we located the lead in septal wall 58.3% and free wall 41.7%. By fluoroscopy images in left anterior oblique (LAO) 35° the lead was located on the anterior wall 5.6%, free wall 38.9% and septal 55.6%; in LAO 45° anterior wall 2.8%, free wall 44.4% and septal 52.8%. By Tomography the lead was positioned on anterior wall in 39%, free wall 48% and septal 13%. The Kappa coefficient of the 3 tests showed very low concordance. **Conclusion:** CT is a better method for determining the position of the lead on the RVOT compared to fluoroscopy images an electrocardiogram.

Key words: Pacemaker, right ventricle outflow tract, electrocardiogram, tomography, ventricular asynchrony.

www.medigraphic.org.mx

INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años la medicina ha ido evolucionando, lo que ha traído como consecuencia una mayor expectativa de vida, y con ello una mayor incidencia de enfermedades crónico-degenerativas; esto ocasiona un aumento en la incidencia de bradiarritmias sintomáticas que requieren la colocación de dispositivos de estimulación eléctrica definitiva.¹ Este tipo de dispositivos en la actualidad

* Trabajo ganador del 2° lugar Premio al Investigador Joven Dr. Mariano Ledesma.
XV Congreso Nacional de Cardiología, Acapulco, Gro., Méx.
Diciembre de 2012.

** Servicio de Electrofisiología y Estimulación Cardíaca, UMAE Hospital de Especialidades «Dr. Antonio Fraga Mouret», Centro Médico Nacional «La Raza», IMSS, México, D. F.

generan grandes costos para los servicios de salud a nivel mundial; debido a esto, existen lineamientos bien establecidos para determinar el tipo de pacientes que pueden beneficiarse con estos tratamientos.²

El sitio de implante del electrodo usado durante mucho tiempo era generalmente el ápex del ventrículo derecho (AVD); sin embargo, en los años 90 empezaron a surgir reportes de alteraciones histológicas y funcionales provocadas por la estimulación apical. Dichas alteraciones ocasionaban cambios en la hemodinámica cardíaca y causaban síntomas similares a los que se observan en pacientes con insuficiencia cardíaca.³ Numerosos estudios han puesto en tela de juicio la colocación del electrodo en el AVD por sus efectos deletéreos.⁴⁻⁹ Por todo lo anterior, se han intentado buscar sitios de estimulación eléctrica más fisiológicos y, por ende, con menores tasas de complicaciones; la atención de los investigadores se ha centrado en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) como el sitio alternativo más óptimo para la estimulación cardíaca.¹⁰

El TSVD es una estructura cónica que tiene como base una línea a lo largo de la parte superior de la válvula tricúspide, el borde superior está delimitado por la válvula pulmonar, el septum forma la pared posterior y la pared libre forma parte de la pared anterior; y entre las dos paredes, la porción anterior propiamente dicha. También sabemos que, derivado de los estudios electrofisiológicos de pacientes con taquicardias ventriculares, la existencia de 9 zonas con propiedades de estimulación diferentes muestra diferentes morfologías de QRS en el electrocardiograma de superficie. En los últimos años, hemos enfocado nuestra atención en la porción septal del TSVD bajo la premisa de que esta zona provocaría una despolarización más fisiológica al estar íntimamente ligado al sistema de conducción nativo. El método considerado como prueba definitiva para determinar la posición del electrodo es la fluoroscopia, y además, mediante un electrocardiograma de superficie también es posible ubicar su posición.¹¹ Un estudio llevado a cabo en Holanda pone en duda que tanto la fluoroscopia como el electrocardiograma permiten diferenciar con exactitud entre las diferentes posiciones.¹² La realización de este estudio pretende proponer un método de imagen como la tomografía multicorte (TM) que nos permita identificar con mucha mayor precisión la posición anatómica real del electrodo en el TSVD, y de ahí partir para comparar si existen diferencias en la asincronía ventricular provocada por la estimulación eléctrica del marcapasos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Objetivo primario: Determinar la localización del electrodo de marcapasos mediante la tomografía axial computarizada y comparar los resultados con la localización electrocardiográfica y fluoroscópica.

DISEÑO

Se trata de un estudio observacional, transversal y descriptivo. Se incluyeron pacientes mayores de 18 años, con diagnóstico de enfermedad del nodo sinusal o alteraciones de la conducción auriculoventricular, portadores de marcapasos definitivo VVI con el electrodo localizado en el TSVD, implantado en el periodo comprendido entre enero de 2009 a diciembre de 2010

Cuadro I. Características de la población.

Edad (años)	70 años $\pm$ 5
Sexo	
Hombres (%)	36.0
Mujeres (%)	63.9
Indicación de marcapasos	
BAV 3 grado (%)	72.2
BAV 2° grado MII (%)	22.2
ENS* (%)	5.6
Ritmo intrínseco	
BCRDHH (%)	30.6
BCRIHH (%)	13.9
QRS estrecho (%)	55.6
Comorbilidades	
DM (%)	56.0
HAS (%)	68.0
Datos ecocardiográficos	
FEVI (%)	Media 60 (55-75)
Insuficiencia mitral (%)	Leve = 86.1, moderada = 13.9
Insuficiencia tricuspídea (%)	Leve = 47.2, moderada = 52.8
HAP**	Media: 37 mmHg (25-50 mmHg)
Características del marcapasos	
Tiempo de implantado	Media 31.4 meses (19-42)
% de estimulación	Media 98.7

* Enfermedad del nodo sinusal

** Hipertensión arterial pulmonar

BAC: bloqueo auriculoventricular.

BCRDHH: bloqueo completo de rama derecha del haz de His.

BCRIHH: bloqueo completo de rama izquierda del haz de His.

DM: diabetes mellitus.

HAS: hipertensión arterial sistémica.

FEVI: fracción de expulsión de ventrículo izquierdo.

QRS: no requiere de explicación, no es una abreviatura, es un dato de electrocardiografía.

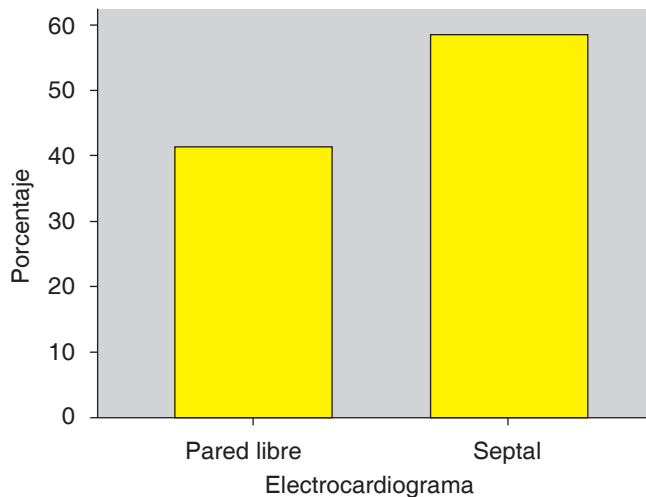


Figura 1. Se observa la localización del electrodo mediante electrocardiograma de superficie de 12 derivaciones.

en el Servicio de Electrofisiología de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades «Dr. Antonio Fraga Mouret», Centro Médico Nacional La Raza IMSS y contar con una estimulación efectiva en telemetría de al menos el 95% del tiempo.

A todos los pacientes se les tomó un electrocardiograma de superficie de 12 derivaciones a una frecuencia de pulso de 90 lpm para lograr un 100% de estimulación; tomando en cuenta la morfología del QRS si la derivación DI y AVL son positivas, el electrodo se encuentra en pared libre y si AVL es negativo, se determinó la posición septal; posteriormente, se realizó una tomografía simple con tomógrafo de 64 cortes e imágenes fluoroscópicas en proyección OAI a 35 y 45° para determinar la posición del electrodo. El estudio se llevó a cabo en 2 departamentos diferentes del hospital, conformados por un electrofisiólogo y un cardiólogo para la valoración del electrocardiograma y la fluoroscopia, además un radiólogo encargado de la realización y valoración de la tomografía. Todos los integrantes del grupo de trabajo emitieron sus resultados finales antes de conocer la localización exacta del electrodo por tomografía con el objetivo de minimizar el sesgo. Una vez con todos los resultados se procedió a comparar la concordancia entre los estudios para determinar la posición del electrodo en el TSVD tomando como referencia las posiciones obtenidas por la tomografía.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se presentan como medias $\pm$ significancia estadística (SD); para variables cualitativas,

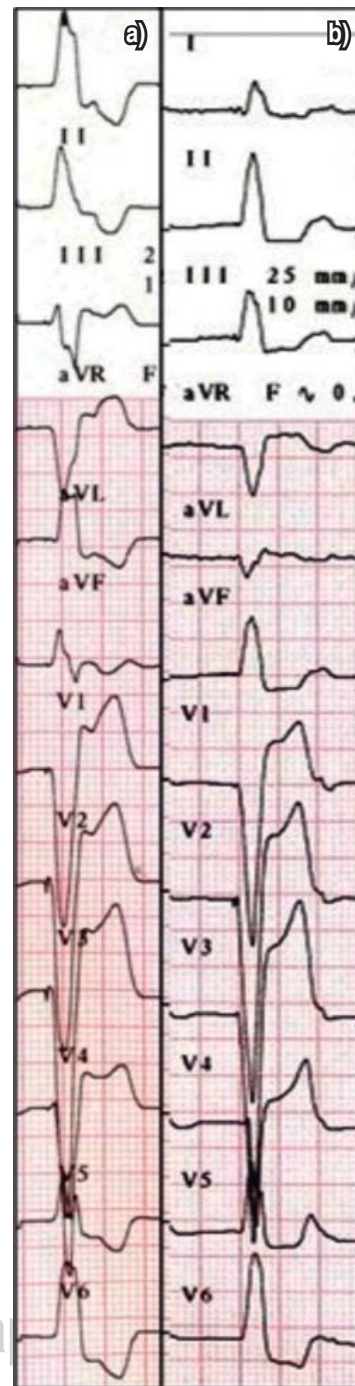


Figura 2.

Electrocardiograma de 12 derivaciones donde observamos en el panel a) una imagen característica de pared libre y en el panel b) una imagen de pared septal.

se empleó la prueba exacta de Fisher. La relación entre variables categóricas se realizó mediante la prueba de Chi-cuadrado (χ^2). Asimismo, se realizó la prueba Kappa para evaluar la concordancia entre los diferentes estudios. En todas las pruebas estadísticas se utilizó un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Ingresaron al estudio 36 pacientes, con marcapaso definitivo VVI, localizado en el TSVD. Las características clínicas del grupo se muestran en el *cuadro I*. La indicación más frecuente para la colocación del marcapasos fue el bloque auriculoventricular de 3^{er} grado (72.2%); más de la mitad tenían ritmo intrínseco con QRS estrecho (55.6%) seguido por el bloqueo completo de la rama derecha del haz de His (30.6%). Los pacientes tenían un corazón estructuralmente normal con una fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) promedio de 60% y sin evidencia de cardiopatía isquémica al momento del implante del marcapasos. La media de seguimiento fue de 31.4 meses con un porcentaje de estimulación efectiva del 98%.

ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Se analizaron un total de 36 electrocardiogramas y se dividieron en 2 grupos (septal y pared libre), con-

cluyendo con 21 pacientes (58.3%) en posición septal y 15 pacientes (41.7%) en pared libre (*Figuras 1 y 2*).

FLUOROSCOPIA

Se realizaron proyecciones fluoroscópicas en OAI a 35 y 45° para determinar la posición del electrodo en el TSVD. En OAI a 35°, se localizó el electrodo en pared anterior en 5.6%, pared libre en 38.9% y septal en 55.6%; en OAI a 45° se localizó en pared anterior en 2.8%, pared libre en 44.4% y septal en 52.8% (*Figuras 3 y 4*).

TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA (TAC)

A 36 pacientes se les realizó tomografía multicorte simple y se determinó la posición del electrodo en diferentes proyecciones (transversal, sagital, coronal y reconstrucción 3D), se documentó la posición anterior del electrodo en 39%, pared libre en 48% y septal en 13% (*Figuras 5 a 7*). Estos resultados

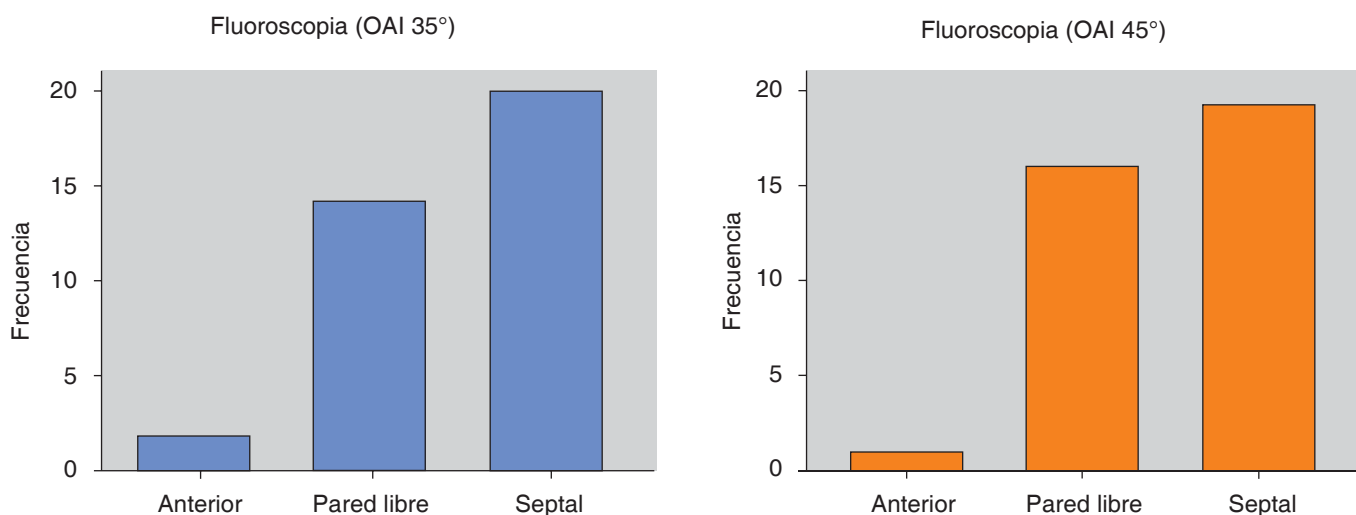


Figura 3. Observamos el porcentaje de localización del electrodo por fluoroscopia: a la derecha, la proyección OAI 35° y a la izquierda, la proyección OAI 45°.

www.medigraphic.org.mx

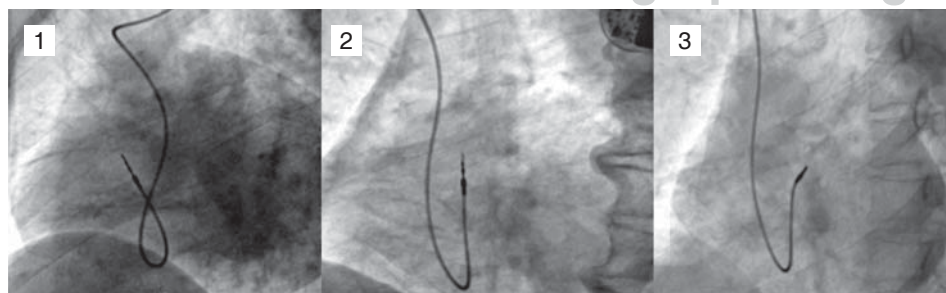


Figura 4. Posición del electrodo en el tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) mediante fluoroscopia: 1) Pared libre, 2) Pared anterior y 3) Pared septal.

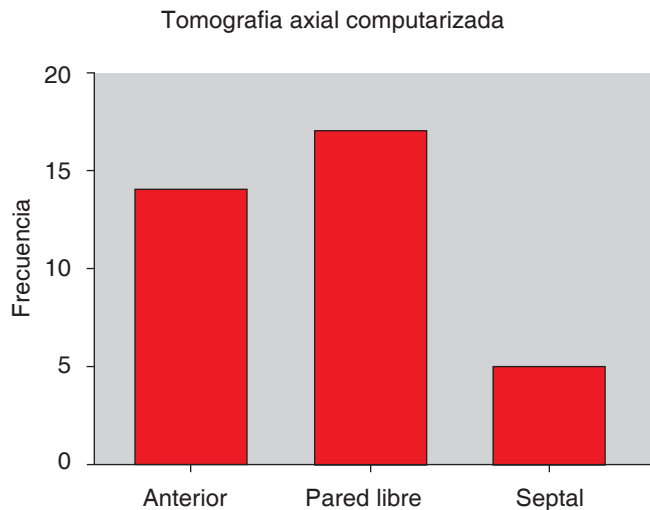


Figura 5. Frecuencia de la localización del electrodo por tomografía axial computarizada.

contrastan con las posiciones obtenidas en fluoroscopia a 35° y 45° sobre todo en la posición anterior y pared septal.

CONCORDANCIA ENTRE LOS ESTUDIOS

Se compararon los resultados en porcentaje de los 3 estudios utilizados para determinar la posición del electrodo (TAC, ECG y fluoroscopia) (*Figura 8*). Posteriormente, se realizó una prueba de concordancia Kappa tomando como referencia la tomografía contra las proyecciones fluoroscópicas en OAI 35°, OAI 45° y electrocardiograma, encontrando a 35° una concordancia de 0.110 y a 45°: 0.016. Ambos resultados indican que la concordancia entre las dos pruebas es muy baja.

Si realizamos un análisis por grupos, la fluoroscopia tiene buena concordancia para tipificar los que se encuentran en pared libre, ya que a 35° 20 pacientes fueron pared libre por fluoroscopia y 17 por TAC, y a 45° 19 pacientes en pared libre y 17 por TAC. No pasa lo mismo con la pared anterior ni con la septal, ya que existe gran discordancia entre lo que se determina por fluoroscopia y lo que se muestra en la tomografía.

El electrocardiograma muestra un nivel de concordancia de 0.107, por lo que, al igual que la fluoroscopia, el nivel de concordancia es muy bajo.

DISCUSIÓN

Varios estudios han intentado demostrar el mejor sitio para implantar el electrodo de marcapasos, la comparación se ha centrado entre el TSVD y el

AVD;¹⁰ sin embargo, los métodos tradicionalmente usados como «estándar de oro» para determinar la posición en el tracto de salida han sido la fluoroscopia y el electrocardiograma. Estos 2 métodos fueron comparados en el estudio de Jippe et al.,¹² mostrando discrepancias en la posición del electrodo en el TSVD, según dicho estudio, bajo las proyecciones convencionales de fluoroscopia, se determinó que un 30% queda en la porción septal, 36% en la porción anterior y 48% en pared libre, además de mostrar que un QRS negativo en DI y AVL no necesariamente correspondía con la pared septal como siempre se ha manejado. Si comparamos esos resultados con los obtenidos en nuestro estudio (*Figura 3*), observamos diferencias significativas en la posición del electrodo. Dentro de las limitaciones del estudio citado se refiere que la fluoroscopia parece no ser un buen método para evaluar la posición real del electrodo, nosotros demostramos que efectivamente al comparar la fluoroscopia y el electrocardiograma contra la tomografía axial computarizada, las diferencias son muy significativas; probablemente este hecho se explique debido a que la posición del corazón en el tórax no es igual en todas las personas, lo que modifica la imagen fluoroscópica y, de igual manera, los vectores de despolarización cardiacos dan como resultado diferentes morfologías del QRS en el electrocardiograma de superficie.¹² Todo lo anterior tiene gran importancia cuando se evalúa la asincronía ventricular provocada por la estimulación del marcapasos, ya que si tenemos un electrodo que por fluoroscopia se encuentra en el septum, está localización puede no estar acorde con la realidad por las limitaciones con las que cuenta este método diagnóstico, lo que ocasionará sin lugar a dudas un resultado erróneo.

Los hallazgos principales del estudio muestran que la fluoroscopia al ser un método de imagen bidimensional no permite tipificar la posición del electrodo en el TSVD con la exactitud que lo hace la tomografía multicorte. Esta última, nos permite evaluar la punta en diferentes proyecciones y además su relación en 3D con las estructuras que conforman el tracto de salida del ventrículo derecho, esto queda de manifiesto mediante la prueba Kappa, la cual reporta concordancia muy baja cuando se compara la TAC con las proyecciones fluoroscópicas a 35 y 45°; la fluoroscopia sólo mostró ser buena para determinar los electrodos en la pared libre con una buena concordancia con respecto a la tomografía. Los resultados de las morfologías del QRS muestran resultados similares a los obtenidos con la fluoroscopia. Como dato adicional, hemos iniciado la comparación de la asincro-

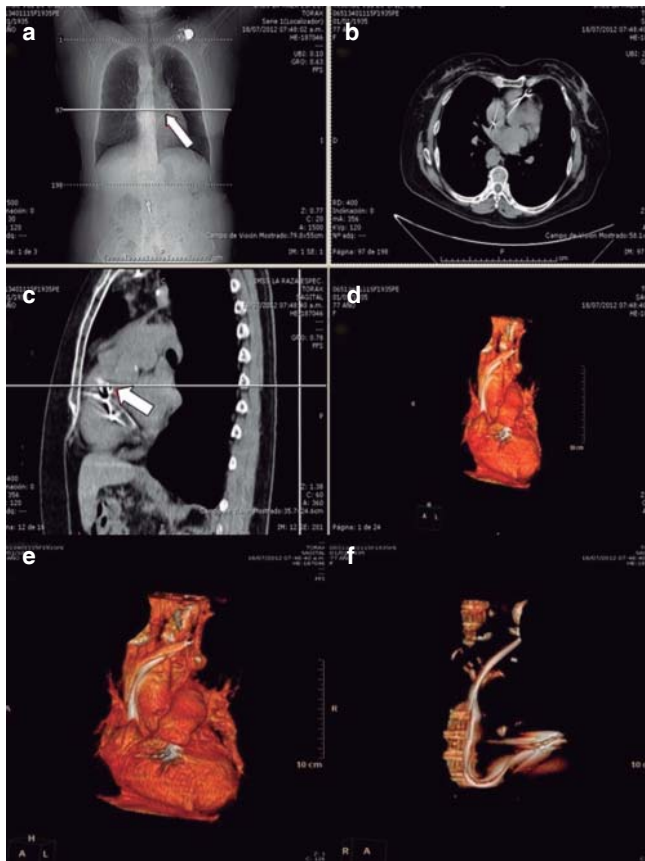


Figura 6. Imágenes tomográficas del electrodo en la pared septal del tracto de salida del ventrículo derecho: **a)** Topograma de tórax (flecha señalando la punta del electrodo de marcapasos), **b)** Corte transversal de tórax a la altura de la punta del electrodo, **c)** Corte sagital del TSVD en donde se observa el electrodo dirigido hacia la porción septal (flecha), **d y e)** Reconstrucción 3D del electrodo y su relación con las estructuras del TSVD y **f)** Imagen del electrodo sin estructuras cardíacas.

nía ventricular para determinar si existen diferencias entre la estimulación septal y la pared libre del TSVD, tomando en cuenta la posición tomográfica del electrodo por tomografía. Algo relevante que podemos destacar en este momento es que de los 9 pacientes que hemos analizado, hasta el momento 8 se encuentran en pared libre y todos ellos presentan asincronía intra e interventricular, el único paciente con localización septal no tiene asincronía interventricular. Este resultado muestra que probablemente el septum es un mejor sitio de estimulación al estar cerca del sistema de conducción nativo;¹⁰ sin embargo, el tamaño de la muestra es muy pequeño aún para que se muestren resultados estadísticamente significativos. Si los resultados de asincronía

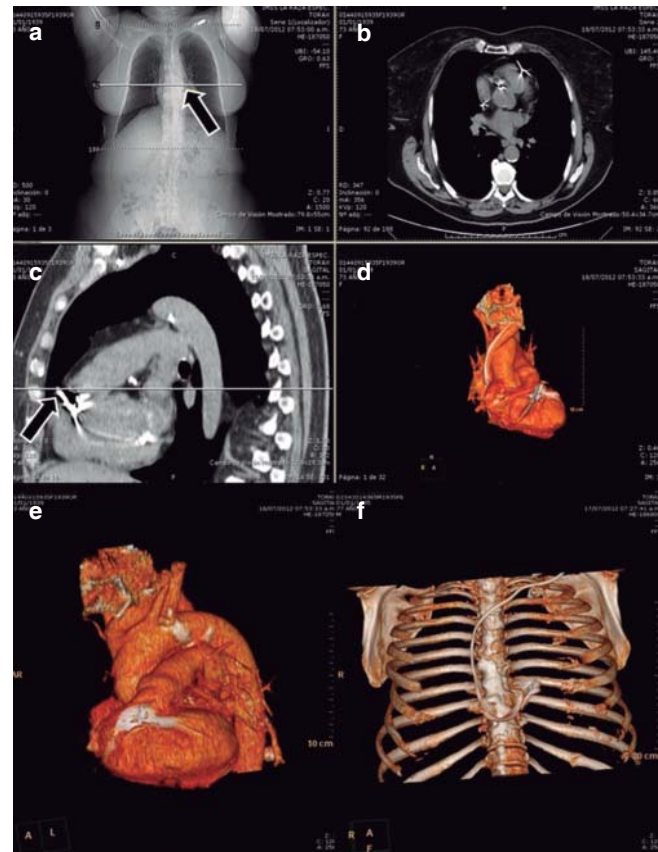


Figura 7. Imágenes tomográficas del electrodo en pared libre del tracto de salida del ventrículo derecho: **a)** Topograma de tórax (flecha) señalando la punta del electrodo de marcapasos, **b)** Corte transversal de tórax a la altura de la punta del electrodo, **c)** Corte sagital del TSVD en donde se observa el electrodo dirigido hacia la pared libre (flecha), **d y e)** Reconstrucción 3D del electrodo y su relación con las estructuras del TSVD y **f)** Imagen del electrodo sin estructuras cardíacas.

ventricular obtenidos del análisis posterior del resto de los pacientes fueran significativas entre los dos grupos, se deberá revalorar la técnica de implante del dispositivo, la cual deberá estar encaminada a tratar de fijar el electrodo en el sitio que provoque menor asincronía, ya que esto tendrá gran relevancia clínica para el paciente.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La muestra evaluada hasta el momento para buscar asincronía ventricular es muy pequeña, por lo que se continuarán realizando los estudios para determinar si existen diferencias entre los diversos sitios de estimulación.

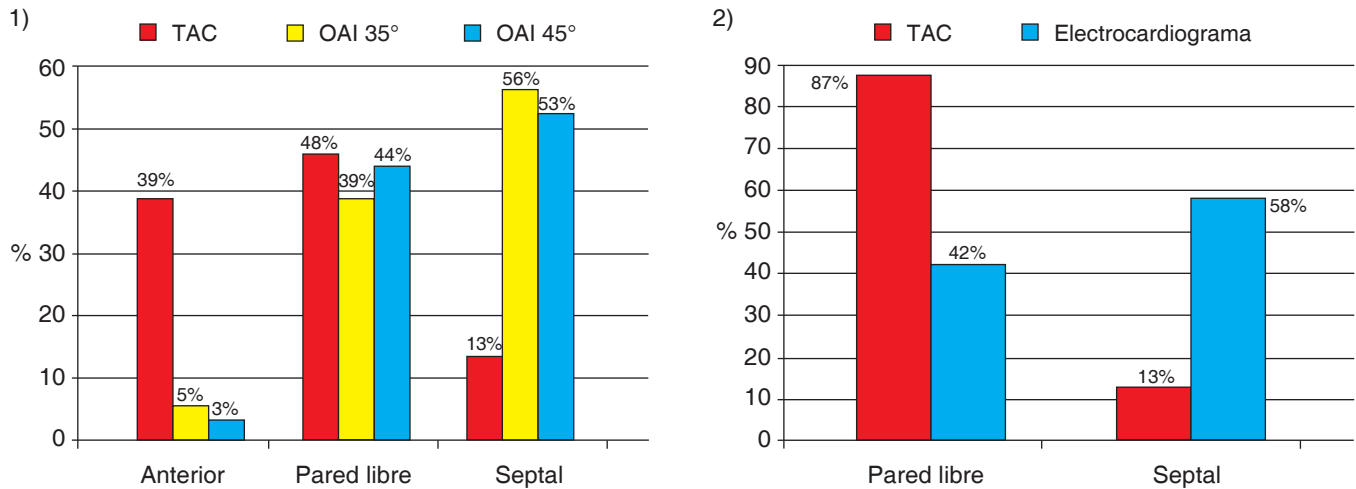


Figura 8. Correlación en porcentaje de la ubicación del electrodo obtenida mediante los diferentes métodos diagnósticos: 1) Tomografía versus fluoroscopia y 2) Tomografía versus electrocardiograma.

CONCLUSIONES

La tomografía axial computarizada es un método de imagen que nos permite evaluar de manera más precisa la posición del electrodo en el TSVD si se compara contra el electrocardiograma o la fluoroscopia. En este momento, aún no es posible determinar con significancia estadística si existen diferencias en la asincronía ventricular entre las diferentes localizaciones del electrodo en el TSVD.

BIBLIOGRAFÍA

- Deborah S, Roselie A, Brad A. Databases for studying the epidemiology of implanted medical devices. *The Bionic Human*. 2006; 115-132.
- Vardas P, Auricchio A, Blanc JJ, Daubert JC, Drexler H, Ector H et al. Guidelines for cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: The Task Force for Cardiac Pacing and Cardiac Resynchronization Therapy of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association. *European Heart Journal*. 2007; 28: 2256-2295.
- Karpawich P, Rabah R, Haas J. Altered cardiac histology following apical right ventricular pacing in patients with congenital atrioventricular block. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1999; 9: 1372-7.
- Zhang XH, Chen H, Siu CW, Yiu KH, Chan WS, Lee KL et al. New on set heart failure after permanent right ventricular apical pacing in patients with acquired high-grade atrioventricular block and normal left ventricular function. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2008; 19: 136-41.
- Tse HF, Lau CP. Long-term effect of right ventricular pacing on myocardial perfusion and function. *J Am Coll Cardiol*. 1997; 29: 744-9.
- Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, Greenspon AJ, Freedman RA, Lee KL et al. Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *Circulation*. 2003; 107: 2932-7.
- Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, Greene HL, Hallstrom AP, Hsia H et al. Dual chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the dual chamber and VVI implantable defibrillator (DAVID) trial. *JAMA*. 2002; 288: 3115-23.
- Andersen HR, Nielsen JC, Thomsen PE, Thuesen L, Mortensen PT, Vesterlund T et al. Long-term follow-up of patients from a randomized trial of atrial versus ventricular pacing for sick-sinus syndrome. *Lancet*. 1997; 350: 1210-16.
- Thambo JB, Bordachar P, Garrigue S, Lafitte S, Sanders P, Reuter S et al. Detrimental ventricular remodeling in patients with congenital complete heart block and chronic right ventricular apical pacing. *Circulation*. 2004; 110: 3766-72.
- Shimony A, Eisenberg M, Filion K, Amit G. Beneficial effects of right ventricular non-apical versus apical pacing: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Europace*. 2011; 10: 53-65.
- Shima T, Ohnishi Y, Inoue T, Yoshida A, Shimizu H, Itagaki T, Sekiya J et al. The relation between the pacing sites in the right ventricular outflow tract and QRS morphology in the 12-lead ECG. *Jpn Circ J*. 1998; 62: 399-404.
- Balt J, Van Hemel N, Wellens H, De Voogt W. Radiological and electrocardiographic characterization of right ventricular outflow tract pacing. *Europace*. 2010; 12: 1739-1744.

Dirección para correspondencia:

Dr. Iván Bonilla Morales

Servicio de Electrofisiología y Estimulación Cardíaca
 UMAE Hospital de Especialidades «Dr. Antonio Fraga Mouret», CMN «La Raza», IMSS
 Seris y Zaachila s/n, Col. La Raza,
 02990, Delegación Azcapotzalco, D.F.
 Teléfono: 57245900, extensión: 23078
 E-mail: chiapas52@gmail.com