



Artículo original

Marcadores electrocardiográficos de estimulación septal del tracto de salida del ventrículo derecho

Electrocardiographic markers for septal stimulation of the right ventricular outflow tract

Marleny Cruz Cardentey,¹ Zana Cort,² Ana Mengana Betancourt,¹ Yiliam Blanco Pérez,¹ Zoinez Soto García,³ Alain Gutiérrez López¹

¹ Hospital Clínico Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”. La Habana, Cuba.

² Georgetown Public Hospital Corporation. Georgetown, Guyana.

³ Hospital Clínico Quirúrgico Docente “Freyre de Andrade”. La Habana, Cuba.

Resumen

Introducción: Los patrones electrocardiográficos de verdadera estimulación septal del tracto de salida del ventrículo derecho no están claramente identificados. **Objetivo:** Identificar los marcadores electrocardiográficos de estimulación septal del tracto de salida del ventrículo derecho. **Métodos:** Se realiza un estudio observacional en 30 pacientes con implante del electrodo ventricular permanente en el tracto de salida del ventrículo derecho. Para el electrocardiograma de 12 derivaciones se programó la estimulación en modo VVI a 100 latidos por minuto. La posición del electrodo se validó con la ecocardiografía transtorácica bidimensional. **Resultados:** Los verdaderos implantes septales fueron 21/30 (80 %). La media de la duración del QRS fue menor en el grupo septal ($126,2 \pm 9,7$ ms vs. $144,4 \pm 15,1$ ms; $p = 0,003$) y la melladura del QRS en DII, DIII, aVL y aVF se relacionó con la ubicación no septal: $p = 0,005$, $p = 0,019$, $p = 0,049$ y $p = 0,005$, respectivamente. El QRS neto en DII ($14,3 \pm 6,0$ mm vs. $9,3 \pm 3,0$ mm; $p = 0,045$), DIII ($12,6 \pm 5,8$ mm vs. $8,0 \pm 4,7$ mm; $p = 0,036$) y aVF ($14,0 \pm 6,4$ mm vs. $8,8 \pm 4,3$ mm; $p = 0,025$) fue mayor en el grupo septal. La duración del QRS estimulado ≤ 135 ms mostró sensibilidad en el 81,0 % y especificidad en el 66,7 % y la ausencia de melladura en las derivaciones inferiores, sensibilidad 95,2 % y especificidad 44,4 % para identificar estimulación septal. **Conclusiones:** Los marcadores electrocardiográficos de estimulación septal del tracto de salida de ventrículo derecho son heterogéneos; los indicadores de validez, de la duración del QRS y la ausencia de melladura en derivaciones inferiores son adecuados para identificar este sitio de estimulación.

Palabras clave: estimulación cardíaca artificial; tabique interventricular; electrocardiograma.

Abstract

Introduction: Electrocardiographic patterns of true septal stimulation of the right ventricular outflow tract are not clearly identified. **Objective:** To identify electrocardiographic markers of septal stimulation of the right ventricular outflow tract. **Methods:** Observational study in 30 patients with permanent ventricular electrode implantation in the right ventricular outflow tract. For the 12-lead electrocardiogram, stimulation was programmed in VVI mode at 100 beats per minute. The position of the electrode was validated with two-dimensional transthoracic echocardiography. **Results:** 21/30 (80%) were true septal implants. The mean QRS duration was shorter in the septal group (126.2 ± 9.7 ms vs. 144.4 ± 15.1 ms; $p = 0.003$) and the QRS notching in DII, DIII, aVL and aVF was related to non-septal location; $p = 0.005$, $p = 0.019$, $p = 0.049$ and $p = 0.005$, respectively. The net QRS in DII (14.3 ± 6.0 mm vs. 9.3 ± 3.0 mm; $p = 0.045$), DIII (12.6 ± 5.8 mm vs. 8.0 ± 4.7 mm; $p = 0.036$) and aVF (14.0 ± 6.4 mm vs. 8.8 ± 4.3 mm; $p = 0.025$) was higher in the septal group. The duration of the stimulated QRS ≤ 135 ms showed a sensitivity of 81.0 % and a specificity of 66.7% and the absence of notching in inferior leads, a sensitivity of 95.2% and a specificity of 44.4% to identify septal stimulation. **Conclusions:** Electrocardiographic markers of septal stimulation of the right ventricular outflow tract are heterogeneous; validity indicators, QRS duration ≤ 135 ms and the absence of notching in inferior leads, may be adequate indicators of right ventricular outflow septal stimulation.

Keywords: cardiac pacing artificial; ventricular septum; electrocardiogram.

Introducción

La estimulación endocárdica del ápex de ventrículo derecho (VD) ha sido la práctica habitual desde los inicios de la estimulación cardíaca permanente. Si bien este sitio es eficaz y con escasas complicaciones, excluye en el proceso de activación eléctrica del miocardio ventricular al sistema de conducción natural cardíaco (sistema His-Purkinje), lo que conduce a la disincronía eléctrica y mecánica.^(1,2)

Los cambios en la hemodinámica cardíaca generan anomalías en los miocitos del ventrículo izquierdo, tanto en grosor como en ultraestructura, que pueden causar remodelación ventricular y, por consiguiente, incrementan el riesgo de disfunción sistólica, insuficiencia cardíaca y fibrilación auricular.^(2,3)

A pesar de que los fabricantes de marcapasos han diseñado diferentes algoritmos para disminuir el porcentaje de estimulación ventricular innecesaria, esta no puede suprimirse en los pacientes dependientes de marcapasos. La posibilidad de aplicar una terapia de estimulación, que preserve la funcionalidad del sistema nativo de conducción, evitaría los efectos potencialmente deletéreos, a largo plazo, de la estimulación en el ápex de VD.

El tabique del tracto de salida y el medio ventricular derecho se han abordado como sitios alternativos a la estimulación apical. Sin embargo, la evidencia científica es heterogénea y no demuestra el claro beneficio de la estimulación septal. La falla de estos estudios es consecuencia de que una proporción significativa de los electrodos insertados en el "VD septal", no están en el tabique verdadero, sino en la pared anterior o libre.^(4,5)

El uso combinado de las diferentes vistas fluoroscópicas tiene limitaciones para ubicar el *septum* verdadero.⁽⁶⁾ Igualmente, los patrones electrocardiográficos de estimulación septal son heterogéneos y existe superposición de las características electrocardiográficas, sin definirse un claro punto de corte que identifique la estimulación septal del tracto de salida de VD (TSVD).^(7,8,9) Las investigaciones actuales se centran en identificar nuevos marcadores electrocardiográficos y fluoroscópicos, más certeros y de fácil aplicación, que ayuden al operador a identificar el verdadero tabique interventricular. Se realizó el presente trabajo con el objetivo de identificar marcadores electrocardiográficos de estimulación septal del TSVD.

Métodos

Estudio observacional, analítico y transversal con 30 pacientes en quienes se implantó marcapasos (unicameral o bicameral) o cardiodesfibrilador (unicameral o bicameral) y el electrodo ventricular de estimulación permanente se ubicó en el TSVD. Durante el proceder se definió la ubicación septal por la orientación posterior de la punta del electrodo, en la vista oblicua anterior izquierda de 45 grados. Se excluyeron los pacientes con electrodo abandonado en VD o con ventana ecocardiográfica subóptima. La investigación fue aprobada por el comité de ética del Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras".

Los criterios para el implante de los dispositivos de estimulación cardíaca se basaron en las guías vigentes adaptadas al país.^(10,11) El proceder se realizó según el protocolo de actuación del Departamento de Estimulación Cardíaca de la institución.

Implante de marcapasos

Los dispositivos fueron implantados con anestesia local y por vía subclavia izquierda o sus venas tributarias (cefálica o axilar) y, de existir contraindicaciones para el abordaje izquierdo, se eligió el lado derecho. El generador se ubicó en la región pectoral. Se utilizó profilaxis antibiótica endovenosa, previo al implante y seis horas después. El electrodo auricular bipolar (Biotronik-Solia S 53) y de fijación activa se ubicó en la orejuela derecha con el empleo de guía preformada en "J". Se usó un electrodo ventricular bipolar fijación activa (Biotronik-Solia S 60) o electrodo de desfibrilación (Biotronik-Protogo DF-1 Pro MRI SD o Protogo DF-1 Pro MRI DX).

En la vista postero-anterior se avanzó el electrodo hasta el TSVD; se modificó manualmente el estilite con la curva tipo Mond⁽⁴⁾ y en la vista oblicua anterior izquierda de 45 grados se orientó hacia la columna vertebral (posterior). Los dispositivos implantados fueron de la casa comercial Biotronik (Berlín, Alemania) y la programación se realizó de acuerdo con el criterio de implante.

Las variables de estimulación (umbral, amplitud e impedancia) se midieron bipolar y varios minutos después de liberarse el mecanismo de fijación del electrodo al miocardio. El electrocardiograma de 12 derivaciones se realizó en el posoperatorio inmediato; se empleó equipo Bebe - ICID (rango de filtro 0,15-100 Hz, filtro de corriente alterna 60 Hz, 25 mm/s, 10mm/mV) y con programación en modo de estimulación VVI a 100 latidos por minutos. La amplitud neta del complejo QRS en las derivaciones de miembro se definió como la diferencia de voltaje entre las diferentes ondas: [R-(Q+S)]. Un único investigador realizó de forma manual las mediciones electrocardiográficas y un segundo las analizó, ambos cegados de los datos ecocardiográficos.

Se utilizó el ecocardiograma transtorácico bidimensional como método de validación, el cual se realizó en los primeros siete días posteriores al implante. Se empleó equipo Philips IE33 (Washington, EE.UU.) y transductor de ultrasonido S5-1. Las imágenes se adquirieron en modo bidimensional en la fase final de la espiración, se almacenaron digitalmente a velocidades de cuadro de 40-65 cuadros/segundo y se analizaron por dos cardiólogos ecocardiografistas, cegados sobre los datos electrocardiográficos. La ubicación de la punta del electrodo se clasificó en septal o no septal, según el modelo propuesto por Margulescu y otros.⁽¹²⁾

Análisis estadístico

Se utilizaron medidas de resumen para variables cualitativas (porcentajes) y las cuantitativas se expresaron en media y desviación estándar (DE). Para la comparación de las medias en muestras independientes (electrodo septal y no septal) se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. La identificación de asociaciones entre las variables cualitativas se realizó mediante la prueba ji al cuadrado (χ^2); de existir 25 % o más de frecuencias esperadas menores que 5, se utilizó la prueba exacta de Fisher.

Se construyó una curva ROC para la duración del complejo QRS con la finalidad de evaluar, mediante la magnitud del área bajo la curva, con su intervalo de confianza de 95 %, el poder de discriminación, (capacidad de distinguir entre la localización septal y no septal), que tiene esta variable electrocardiográfica. Se consideró un área bajo la curva buena cuando fuera mayor o igual a 0,8. Para las variables

electrocardiográficas investigadas, se estimaron sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud positiva y negativa, con sus respectivos intervalos de confianza de 95 %. En todas las pruebas de hipótesis se fijó un nivel de significación de 0,05.

Resultados

La media de la edad fue de 70,6 ±15,5 años, con predominio del sexo masculino (70,0 %). La hipertensión arterial (86,7 %), la fibrilación auricular (43,3 %) y la disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (23,3 %) fueron las comorbilidades más comunes. El trastorno de la conducción auriculoventricular (66,7 %) fue la indicación más frecuente y el 70 % de los dispositivos implantados fueron marcapasos bicamerales. Se implantaron tres cardiodesfibriladores, dos VDD y un VVI. La media de las variables de estimulación umbral, impedancia y amplitud de la onda R fueron 0,5 ± 0,5 V, 642,1 ± 158,0 Ω y 9,2 ± 3,2 mV, respectivamente. La media del tiempo de escopia fue de 1,5 ± 0,5 minutos (tabla 1).

Tabla 1 - Caracterización de la muestra en estudio según variables clínicas y del implante

Variables (n = 30)	N / %
Edad (media ± DE)	70,6 ±15,5
Sexo	
Masculino	21 (70,0)
Femenino	9 (30,0)
Comorbilidades	
Hipertensión arterial	26 (86,7)
Cardiopatía isquémica	2 (6,7)
Disfunción sistólica del VI	7 (23,3)
Diabetes mellitus	5 (16,7)
Fibrilación auricular	13 (43,3)
Indicación de implante	
Enfermedad del nodo sinusal	7 (23,3)
Bloqueo auriculoventricular	20 (66,7)
Prevención primaria de muerte súbita	3 (10,0)
Tipo de dispositivo	
Marcapasos unicameral	6 (20,0)
Marcapasos bicameral	21 (70,0)
Cardiodesfibrilador unicameral	1 (3,3)
Cardiodesfibrilador VDD	2 (6,7)
Variables del implante	Media ± DE
Umbral de estimulación (V)	0,5 ± 0,5
Amplitud de la onda R (mV)	9,2 ± 3,2
Impedancia (Ω)	642,1 ± 158,0
Tiempo de escopia (minutos)	1,5 ± 0,5

Leyenda: DE = desviación estándar, VI = ventrículo izquierdo

Fuente: Elaboración propia.

El 70 %, 21 pacientes, fueron verdaderos septales y en los nueve restantes el electrodo se ubicó anterior o en la pared libre. La media de la duración del complejo QRS fue significativamente menor en la ubicación septal (126,2 ± 9,7 ms vs. 144,4 ± 15,1 ms; $p = 0,003$). La presencia de melladura del complejo QRS en las derivaciones DII, DIII, aVL y aVF se relacionó estadísticamente con la ubicación no septal; $p = 0,005$, $p = 0,019$, $p = 0,049$ y $p = 0,005$, respectivamente. El complejo QRS neto [R-(Q+S)] en las derivaciones DII (14,3 ± 6,0 mm vs. 9,3 ± 3,0 mm; $p = 0,045$), DIII (12,6 ± 5,8 mm vs. 8,0 ± 4,7 mm; $p = 0,036$) y aVF (14,0 ± 6,4 mm vs. 8,8 ± 4,3 mm; $p = 0,025$)

fue significativamente mayor en la ubicación septal y la amplitud del QS en aVR fue mayor en el septum (-7,6 ± 4,4 mm vs. -4,6 ± 2,2 mm), con tendencia a la significación ($p = 0,050$). Las restantes variables electrocardiográficas no mostraron diferencias entre la ubicación septal y no septal (tabla 2)

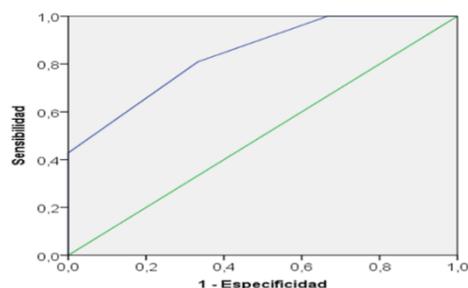
Tabla 2 - Distribución de la muestra según variables electrocardiográficas

Variables	Septal (n = 21)	No septal (n = 9)	p
Duración del QRS (ms; media ± DE)	126,2 ± 9,7	144,4 ± 15,1	0,003 ^a
Melladura del QRS (n/%)			
DII	6 (28,6)	3 (33,3)	1,000
DIII	0 (0,0)	4 (44,4)	0,005 ^b
aVR	1 (4,8)	4 (44,4)	0,019 ^b
aVL	1 (4,8)	2 (22,2)	0,207 ^b
aVF	2 (9,5)	4 (44,4)	0,049 ^b
Morfología del QRS en			
R	11 (52,4)	4 (44,4)	c
DI (n/%)			
QS	4 (19,0)	1 (11,1)	
qR/Rs	6 (28,6)	4 (44,4)	
R, qR o Rs en DI	17 (80,9)	8 (88,8)	1,000 ^b
Eje eléctrico (°; media DE)	85,8 ± 30,2	78,1 ± 24,1	0,353 ^a
Transición en precordiales (media ± DE)	4,9 ± 0,7	5,1 ± 1,1	0,349 ^a
Transición V4 o antes (n/%)	7 (33,3)	2 (22,2)	0,681 ^b
Complejo QRS			
neto (mm; media ± DE)			
DII	14,3 ± 6,0	9,3 ± 3,0	0,045 ^a
DIII	12,6 ± 5,8	8,0 ± 4,7	0,036 ^a
aVR	-7,6 ± 4,4	-4,6 ± 2,2	0,050 ^a
aVL	-6,7 ± 6,9	-2,9 ± 5,4	0,114 ^a
aVF	14,0 ± 6,4	8,8 ± 4,3	0,025 ^a
Relación RII/RIII <1	6 (28,6)	4 (44,4)	0,431 ^b
Relación QS aVR/aVL <1	10 (47,6)	5 (55,6)	1,000 ^b

Leyenda: n = número, DE = desviación estándar, a = prueba U de Mann-Whitney, b = prueba exacta de Fisher, c = prueba ji al cuadrado (χ^2), ms = milisegundos, ° = grado, mm = milímetros.

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad de la variable "duración del complejo QRS" para discriminar la ubicación del electrodo en el TSVSD septal o no septal se refleja en la curva ROC de la figura 1, con área bajo la curva de 0,841 (IC: 0,694-0,988; $p = 0,004$).



Duración el QRS	Estimación puntual	IC de 95 %	p
Área	0,841	0,694-0,988	0,004

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 1 – Curva ROC de la duración del complejo QRS, según la ubicación septal del electrodo.

Según la curva ROC, el valor de corte de la duración del QRS ≤ 135 ms mostró sensibilidad de 81,0 %; IC: 61,8-100, especificidad 66,7 %; IC: 30,3-100, valor predictivo positivo (VPP) 85,0 %; IC: 66,9-100, valor predictivo negativo (VPN) 60,0 %; IC: 24,6-95,4, relación de verosimilitud positiva (RVP) 2,4; IC: 0,9-6,3 y relación de verosimilitud negativa (RVN) 0,3; IC: 0,1-0,8, para identificar estimulación septal del TSVD. La ausencia de melladura del complejo QRS en DII, DIII y aVF mostró sensibilidad 95,2 %; IC:83,8-100, especificidad 44,4 %; IC:6,8-82,5, VPP 80,0 %; IC:62,3-99,7, VPN 80,0 %; IC:34,9-100, RVP 1,7; IC:1,0-31 y RVN 0,1; IC:0,0-0,8 (tabla 3).

Tabla 3 - Indicadores de validez de la duración del QRS (≤ 135 ms) y de la melladura del complejo QRS en derivaciones inferiores para identificar ubicación septal del electrodo

Variables	Septal		No septal		Indicador de validez
	(n = 21)	(n = 9)	(n = 21)	(n = 9)	
Duración QRS (ms)	QRS ≤ 135	17	3		S = 81,0; IC:61,8-100 E = 66,7; IC:30,3-100 VPP = 85,0; IC:66,9-100 VPN = 60,0; IC:24,6-95,4 RVP = 2,4; IC:0,9-6,3 RVN = 0,3; IC:0,1-0,8
	QRS >135	4	6		
Melladura	No	20	5		S = 95,2; IC:83,8-100 E = 44,4; IC:6,8-82,5 VPP = 80,0; IC:62,3-99,7 VPN = 80,0; IC:34,9-100 RVP = 1,7; IC:1,0-31 RVN = 0,1; IC:0,0-0,8
DII, DIII, aVF	Sí	1	4		

Leyenda: VPP = valor predictivo positivo, VPN = valor predictivo negativo, RVP = relación de verosimilitud positiva, RVN = relación de verosimilitud negativa, IC = intervalo de confianza.
Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El presente estudio describe una serie de 30 pacientes con implante de electrodo de estimulación permanente en el TSVD, en el que 70 % de ellos fueron verdaderos implantes septales. El tabique interventricular es una estructura oblicua y posterior, además la orientación del eje largo del corazón presenta una gran variabilidad inter-individuo y el uso de la misma proyección genérica en cada paciente es insuficiente. Por esta razón, varios estudios describen la limitación de la vista oblicua anterior izquierda de 45 grados aislada para predecir ubicación septal. Según las diferentes series, la “verdadera estimulación septal” se logró entre el 21% y el 76 %.^(13,14,15,16)

Los parámetros eléctricos del implante fueron satisfactorios, con tiempos cortos de escopia y sin necesidad de reintervenir para recolocación de electrodo. Según la literatura, el implante septal y no septal en el TSVD, con empleo de electrodos de fijación activa y estiletos con curvas formadas manualmente, puede realizarse de manera fácil, con parámetros de estimulación estables en el seguimiento y baja frecuencia de complicaciones; similar o mejor que la tradicional estimulación apical.^(13,16,17)

Marcadores electrocardiográficos

Los marcadores electrocardiográficos de estimulación septal que se han descrito son heterogéneos y con significativas limitaciones. La heterogeneidad se encuentra determinada por la complejidad anatómica y electrofisiológica del tracto de salida del VD y su estrecha relación con las estructuras cercanas. Intervienen, también, el hábito corporal y los cambios en la relación del corazón con la pared torácica.^(18,19)

El tabique se ubica posterior y a la derecha de la línea media del tórax, mientras la zona anterior y la pared libre se encuentran a la izquierda. La región anterior del TSVD es la zona más alta y anterior del corazón. Estos elementos anatómicos establecen la orientación de los ejes del QRS en ambos planos, la magnitud de los vectores de despolarización y la transición en derivaciones precordiales.⁽²⁰⁾ Por otra parte, el *septum* es la primera zona del ventrículo en despolarizarse, por lo que la estimulación desde el lado derecho del tabique genera un patrón de contracción más cercano a lo fisiológico. La despolarización sincrónica y no secuencial de ambos ventrículos origina un complejo QRS más angosto y de mayor amplitud.^(18,21)

La media de la duración del complejo QRS fue significativamente menor en los pacientes con implante septal y el área bajo la curva ROC fue buena para discriminar la estimulación septal de la no septal. La duración del QRS ≤ 135 ms identificó el 81 % de los implantes septales y >135 ms el 66,7 % de los no septales. Para una prevalencia del implante septal del 70%, el 85 % con QRS ≤ 135 ms fueron verdaderos septales y el 60 % con QRS > 135 ms verdaderos no septales. Es 2,4 veces más probable que el electrodo esté ubicado en el verdadero tabique cuando la duración del QRS es de ≤ 135 ms y 3,3 (1/0,3) veces más probable que lo esté cuando es mayor de 135 ms. El principal hallazgo de la investigación fue identificar un valor de corte del QRS con buenos indicadores de validez de estimulación septal del TSVD.

La variable electrocardiográfica que mejor se relaciona con la estimulación septal es el complejo QRS estimulado angosto.^(20,22,23,24) Wei y otros,⁽¹⁶⁾ en una serie de 151 pacientes, identificaron como predictores independientes de la estimulación septal a la duración del complejo QRS estimulado y al vector negativo o isoelectrico en DI; $p < 0,001$. Según el análisis de la curva ROC, la duración del QRS estimulado ≤ 145 ms identificó la verdadera estimulación septal del TSVD con sensibilidad de 85,1 % y especificidad de 78,9 %.

Con el empleo de la tomografía cardíaca contrastada como método de validación, la duración del complejo QRS estimulado < 140 ms tuvo alta especificidad, 83 % y acuerdo, 74 % de posición septal del electrodo. Los autores también describen una relación lineal negativa estadísticamente significativa entre la duración del complejo QRS estimulado y la distancia desde el ápex del VD hasta la base; $p = 0,002$, coeficiente de correlación de Pearson -0,59.⁽²⁵⁾ Otros autores también reportaron que la estimulación desde la zona septal medio ventricular y del TSVD se relacionó con complejo QRS estimulado significativamente más estrecho, en comparación con la estimulación apical, $139,6 \pm 19,9$ ms; $139,6 \pm 14,8$ ms; $148,9 \pm 14,8$ ms, respectivamente, $p = 0,003$.⁽²⁶⁾

Matsuo y otros⁽²⁷⁾ describieron la combinación de cuatro parámetros electrocardiográficos, QRS positivo aVL, transición en precordial antes de V5, melladura en DI y QRS isoelectrico en derivación inferior, para identificar la estimulación medio-septal. La presencia de tres o más hallazgos positivos tuvo sensibilidad de 83,3 % y especificidad de 93,7 % en discriminar medio-*septum* de otro sitio y

la duración del QRS estimulado fue significativamente más estrecho en esta circunstancia, $137,4 \pm 9,2$ ms frente a $151,8 \pm 13,1$ ms; $p < 0,05$.

La estimulación desde la base del corazón produce un eje de despolarización inferior, con onda R positiva en DII, DIII, aVF. La estimulación desde la zona septal del TSVD o medio-ventricular produce una despolarización no secuencial de ambos ventrículos, por lo que los vectores de ambas despolarizaciones coinciden temporalmente y se suma; se obtiene QRS no mellado y de mayor voltaje, en comparación con la estimulación desde zonas alejadas del tabique, anterior y pared libre.^(28,29) En este estudio la media del QRS neto en las derivaciones inferiores fue estadísticamente superior en los implantes septales. También la presencia de melladura del QRS en DII, DIII, aVF y aVL fue más frecuentes en la estimulación septal.

La ausencia de melladura del QRS en las derivaciones inferiores identificó el 95,2 % de los implantes septales, mientras que la presencia de melladuras el 44,4 % de los no septales. En relación con la prevalencia en la serie de implante septal, el 80 % de los pacientes sin melladura del QRS fueron verdaderos septales y el 80 % con melladura verdaderos no septales. Es 1,7 veces más probable que el electrodo esté en el verdadero tabique cuando no existen melladuras del QRS y 10 (1/0,1) veces más probable que esté cuando existen.

McGavigan y otros⁽²²⁾ reportaron melladuras del QRS en las derivaciones inferiores en el 41,2 % de los implantes no septales y solo en el 13,6 % de los septales, $p < 0,01$; aunque los autores solo emplearon la fluoroscopia como método de validación. La presencia de melladuras en las derivaciones de los miembros se asoció con menor duración del complejo QRS, según Pastore y otros.⁽²⁸⁾ Según otros autores, la ausencia de melladura en las derivaciones inferiores tuvo alta sensibilidad, (80 %), pero baja especificidad (22 %).⁽²⁵⁾ Las taquicardias ventriculares con origen en el TSVD zona septal se caracterizan por ondas R monofásicas, altas y no melladas; en contraste, las de pared libre tienen QRS de menor voltaje, más ancho y con melladuras.^(18,21) Las características del complejo QRS estimulado descritas en la serie concuerdan con las de las citadas taquicardias ventriculares.

El eje del QRS en plano horizontal es mejor reflejado por la derivación DI. De acuerdo con las observaciones realizadas en las taquicardias ventriculares de los tractos de salida, en las estructuras situadas a la izquierda de la línea media del tórax, pared anterior y libre del TSVD, el eje se orienta de izquierda a derecha y se aleja de la derivación DI, patrón QS. En cambio, las ubicadas a la derecha, septum del TSVD, el eje es de derecha a izquierda y se acerca a DI, onda R positiva, precisión 83 %. Las zonas intermedias tendrán patrón bifásico Rs, qR.⁽¹⁸⁾ Una aproximación al eje horizontal lo refleja la relación entre aVR/aVL. Si la profundidad del QS aVL es mayor o igual que en aVR, el sitio de origen debe ser probablemente izquierdo, mientras que la polaridad más positiva en aVL que aVR, el origen debe ser más a la derecha, precisión del 80 %.^(18,29)

En la investigación la morfología del QRS en DI no mostró diferencias entre ambos grupos, tampoco el QRS neto en aVR y aVL y la relación aVR/aVL, aunque el QS en aVR tenía mayor polaridad negativa en el grupo septal y con tendencia a la significación. La morfología del QRS en DI cambia desde R monofásica a onda QS, en la medida que el catéter se mueve desde la zona posterior del TSVD hacia el tabique anterior. La imposibilidad de determinar un patrón morfológico de DI específico de estimulación septal pudiera estar relacionado con la ubicación más posterior o anterior dentro del mismo septum.

La presencia de onda Q o QRS negativo en DI es la característica electrocardiográfica más común atribuida a la estimulación septal.^(22,30) Sin embargo, está en discordancia con las características electrocardiográficas de las taquicardias ventriculares y los resultados de la topoestimulación.^(21,28) Se ha descrito la alta prevalencia de QRS negativo o isoeléctrico en DI en los electrodos ubicados en la unión anteroseptal (100 %), frente a los de pared libre, (56 %) y el septum (40 %); con especificidad de 50 % anteroseptal, 29 % pared anterior y 24 % septum.⁽²⁵⁾ Con el uso del mapeo electroanatómico como técnica de validación Burri y otros⁽⁸⁾ concluyeron que un criterio electrocardiográfico aislado no puede realmente distinguir la estimulación medioseptal de la estimulación de pared anterior. En particular, el complejo QRS negativo en la derivación DI es un criterio incierto para validar la estimulación septal.

La transición precoz en derivaciones precordiales, en o antes de V4, es un marcador electrocardiográfico de estimulación septal identificado en varias investigaciones.^(16,20,22,23,25,30,31) Igualmente, la taquicardia ventricular del TSVD zona septal tienen transición en V3-V4, mientras que las de pared libre lo hacen en V5-V6.^(18,29) Solo la tercera parte del grupo septal tuvo transición precoz en precordiales y la media del puntaje de transición fue ligeramente inferior y sin significación estadística. Chen y otros⁽³¹⁾ tampoco encontraron diferencias en la media de la zona de transición entre ambos grupos, $4,5 \pm 1,0$ vs. $5,1 \pm 0,88$; $p = 0,153$.

Con el empleo del mapa electroanatómico como método de validación Burri y otros⁽⁸⁾ describieron una gran variabilidad en la transición del QRS en la estimulación medioseptal y tampoco pudieron determinar un valor de corte que discrimine entre las diferentes zonas de estimulación. La transición tardía en precordiales, después de V4, estuvo presente en 21/31 (68 %) de los casos con estimulación parahisiana, en 29/31 (94 %) de los casos con estimulación medioseptal y en el 100 % de los casos con estimulación anterior.

La transición antes de V4, como indicador de estimulación septal, tuvo solo sensibilidad de 62 % y especificidad 61 %, según Balt y otros.⁽³²⁾ Estos autores fueron los primeros en cuantificar, en pacientes con marcapasos, la transición en precordiales, a través de la adaptación del índice de zona de la transición descrito por Shima.⁽³³⁾ Encontraron un menor índice en el grupo septal, en comparación con la ubicación anterior y de pared libre, $3,9 + 0,9$ vs. $4,3 + 0,8$ vs. $4,4 + 0,9$, $p = 0,034$, respectivamente.

Andrikopoulos y otros⁽³⁴⁾ reportaron la transición precoz en precordiales como único patrón electrocardiográfico de correcta ubicación septal del electrodo, OR 2,53, $p = 0,001$.

El eje eléctrico en plano frontal es otra variable electrocardiográfica que se emplea para caracterizar la estimulación septal. El tabique se sitúa posterior y a la derecha de la pared anterior y libre del TSVD; por tanto, la estimulación septal deberá tener mayor desviación axial izquierda. En cambio, en la no septal el eje será más vertical.^(18,21,29) En ambos grupos del estudio la media del eje eléctrico en plano frontal tuvo tendencia a la desviación axial derecha y sin diferencias estadísticas.

Los resultados de las diferentes series han sido heterogéneos y no se han identificado valores de corte del eje frontal en relación con los diferentes sitios de estimulación en el TSVD. Hillock y otros⁽²³⁾ encontraron diferencias significativas en la media del eje frontal entre la pared libre, $43,4 \pm 7,6$, pared anterior, $54,5 \pm 8,2$ y septum

82,8 ± 2,3°; $p < 0,001$. Igualmente, *Balt* y otros ⁽³²⁾ describieron rotación del eje frontal progresivamente a favor de las manecillas del reloj desde la pared libre, anterior y *septum*, 47 + 38 vs. 60 ± 46° vs. 79 ± 31°; $p = 0,05$. En contraste, otro estudio, que emplea el mapeo electroanatómico como método de validación, encontró que el eje frontal era significativamente menos vertical en la estimulación medioseptal (18 ± 51), comparado con la parahisiana, 38 ± 37; $p = 0,028$ y con la anterior 53 ± 55°, $p = 0,003$.⁽⁸⁾

Los resultados de la investigación encontraron una considerable superposición entre los grupos septal y no septal; en particular, las variables morfología del QRS en DI, transición en precordiales y eje eléctrico en plano frontal, con limitado valor para definir estimulación septal. La alteración de la anatomía cardíaca con dilatación severa de las cavidades y la posición oblicua del tabique interventricular con la variabilidad interindividuos del eje largo del corazón, pudieran limitar la utilidad del electrocardiograma para definir la ubicación septal del electrodo. Igualmente, el tabique es una zona grande y las características electrocardiográficas pueden variar de acuerdo con la posición del electrodo más posterior o anterior dentro de la misma estructura, a la estimulación bipolar y a la captura anodal. Otro factor es la complejidad de los frentes de onda de despolarización que, además de medirse en la superficie y alejados del corazón, pueden estar modificados por fibrosis e isquemia miocárdica.

Conclusiones

Los marcadores electrocardiográficos de estimulación septal del TSVD son heterogéneos; los indicadores de validez, de la duración del QRS estimulado y la ausencia de melladura en derivaciones inferiores son adecuados para identificar este sitio de estimulación.

Referencias bibliográficas

1. Laksono S, Setianto B, Iqbal M, Prawara AS. Understanding Pacemaker-Induced Cardiomyopathy Incidence and Predictors in Patients with Right Ventricular Pacing: A Systematic Review. *Int J Angiol*. 2021;31(1):10-15. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735206>.
2. Mizner J, Jurak P, Linkova H, Smisek R, Curila K. Ventricular Dyssynchrony and Pacing-induced Cardiomyopathy in Patients with Pacemakers, the Utility of Ultra-high-frequency ECG and Other Dyssynchrony Assessment Tools. *Arrhythm Electrophysiol Rev*. 2022;11:e17. DOI: <https://doi.org/10.15420/aer.2022.01>
3. Dawood M, Elsharkawy E, Abdel-Hay MA, Nawar M. Predictors of pacing induced left ventricular dysfunction and cardiomyopathy assessed by three-dimensional echocardiography and speckle tracking strain. *Egypt Heart J*. 2021;73(1):10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43044-021-00136-x>
4. Cruz M, Cort Z, Gutiérrez A, Mengana A, Ramos MY. Estimulación septal del ventrículo derecho como alternativa a la estimulación apical. ¿Cómo ubicar el electrodo? *Rev Cuban Cardiol Cir Cardiovasc*. 2020 [acceso 03/10/2021];26(3):1561-2937. Disponible en: <http://www.revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/914>
5. Bansal R, Parakh N, Gupta A, Juneja R, Naik N, Yadav R, *et al*. Incidence and predictors of pacemaker-induced cardiomyopathy with comparison between apical and non-apical right ventricular pacing sites. *J Interv Card Electrophysiol*. 2019;56(1):63-70. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10840-019-00602-2>
6. Squara F, Scarlatti D, Riccini P, Garret G, Mocerri P, Ferrari E. Classical fluoroscopy criteria poorly predict right ventricular lead septal positioning by comparison with echocardiography. *J Interv Card Electrophysiol*. 2018;52(2):209-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10840-018-0355-x>
7. Kaye GC, Rowe MK, Gould PA. Using the Surface ECG to Identify Right Ventricular Pacing Lead Position: A Cautionary Tale. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2017;40(9):1039-41. DOI: <https://doi.org/10.1111/pace.13065>
8. Burri H, Park CI, Zimmermann M, Gentil-Baron P, Stettler C, Sunthorn H, *et al*. Utility of the surface electrocardiogram for confirming right ventricular septal pacing: validation using electroanatomical mapping. *Europace*. 2011;13(1):82-6. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/euq332>
9. Rowe MK, Moore P, Pratap J, Coucher J, Gould PA, Kaye GC. Surface ECG and Fluoroscopy are Not Predictive of Right Ventricular Septal Lead Position Compared to Cardiac CT. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2017;40(5):537-44. DOI: <https://doi.org/10.1111/pace.13066>
10. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, Edgerton JR, Ellenbogen KA, Gold MR, *et al*. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the evaluation and management of patients with bradycardia and cardiac conduction delay: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(7):e51-e156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.10.044>
11. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, Michowitz Y, Auricchio A, Barbash IM, *et al*. Corrigendum to: 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC): With the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Europace*. 2022;24(4):699. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/eaac023>
12. Mărgulescu AD, Suran BM, Rimbaş RC, Dulgheru RE, Siliște C, Vinereanu D. Accuracy of fluoroscopic and electrocardiographic criteria for pacemaker lead implantation by comparison with three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(7):796-803. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2012.04.010>
13. Das A, Kahali D. Ventricular septal pacing: Optimum method to position the lead. *Indian Heart J* 2018;70(5):713-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.01.023>
14. Shenthar J, Rai MK, Chakali SS, Pillai V, Delhaas T. Computed tomography validated right ventricular mid-septal lead implantation using right ventricular angiography. *J Arrhythm*. 2021;37(5):1131-8. DOI: <https://doi.org/10.1002/joa3.12591>
15. Squara F, Scarlatti D, Riccini P, Garret G, Mocerri P, Ferrari E. Individualized Left Anterior Oblique Projection: A Highly Reliable Patient-Tailored Fluoroscopy Criterion for Right Ventricular Lead Positioning. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2018;11(7):e006107. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.117.006107>
16. Wei H, Tang J, Chen D, Zhang Q, Liang Y, Liu L, *et al*. Electrocardiographic predictors of validated right ventricular

- outflow tract septal pacing for correct localization of transthoracic echocardiography. *Clin Cardiol.* 2018;41(3):354-9. DOI: <https://doi.org/10.1002/clc.22873>
17. Israel CW, Tribunyan S, Yen Ho S, Cabrera JA. Anatomy for right ventricular lead implantation. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol.* 2022;33(3):319-26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00399-022-00872-w>
 18. Enriquez A, Baranchuk A, Briceno D, Saenz L, García F. How to use the 12-lead ECG to predict the site of origin of idiopathic ventricular arrhythmias. *Heart Rhythm.* 2019;16(10):1538-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2019.04.002>
 19. Hahn RT, Waxman AB, Denti P, Delhaas T. Anatomic relationship of the complex tricuspid valve, right ventricle, and pulmonary vasculature: A review. *JAMA Cardiol.* 2019;4(5):478-87. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2019.0535>
 20. Mala A, Osmancik P, Herman D, Curila K, Stros P, Vesela J, *et al.* Can QRS morphology be used to differentiate between true septal vs. apparently septal lead placement? An analysis of ECG of real mid-septal, apparent mid-septal, and apical pacing. *Eur Heart J Suppl.* 2020;22(F):14-22. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/suaa094>
 21. Dixit S, Gerstenfeld EP, Callans DJ, Marchlinski FE. Electrocardiographic patterns of superior right ventricular outflow tract tachycardias: distinguishing septal and free-wall sites of origin. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2003;14(1):1-7. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1540-8167.2003.02404.x>
 22. McGavigan AD, Roberts-Thomson KC, Hillock RJ, Stevenson IH, Mond HG. Right ventricular outflow tract pacing: radiographic and electrocardiographic correlates of lead position. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2006;29(10):1063-8. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2006.00499.x>
 23. Hillock RJ, Stevenson IH, Mond HG. The right ventricular outflow tract: a comparative study of septal, anterior wall, and free wall pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2007;30(8):942-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2007.00790.x>
 24. Shimeno K, Yoshiyama T, Abe Y, Akamatsu K, Kagawa S, Matsumoto R, *et al.* The usefulness of right ventriculography to aid anchoring a pacing lead to the right ventricular septum. *Europace.* 2018;20:1154-60. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/eux165>
 25. Pang BJ, Joshi SB, Lui EH, Tacey MA, Ling LH, Alison J, *et al.* Validation of conventional fluoroscopic and ECG criteria for right ventricular pacemaker lead position using cardiac computed tomography. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2014;37(4):495-504. DOI: <https://doi.org/10.1111/pace.12301>
 26. Gupta A, Parakh N, Bansal R, Verma SK, Roy A, Sharma G, *et al.* Correlation of pacing site in right ventricle with paced QRS complex duration. *Indian Pacing Electrophysiol J.* 2018;18(6):210-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ipej.2018.08.001>
 27. Matsuo M, Shimeno K, Yoshiyama T, Matsumura Y, Matsumoto R, Abe Y, *et al.* Utility of the combination of simple electrocardiographic parameters for identifying mid-septal pacing. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2019;30(11):2433-40. DOI: <https://doi.org/10.1111/jce.14174>
 28. Pastore G, Zanon F, Baracca E, Rigatelli G, Corbucci G, Mazza A, *et al.* How can we identify the optimal pacing site in the right ventricular septum? A simplified method applicable during the standard implanting procedure. *Am J Cardiovasc Dis.* 2013;3(4):264-72.
 29. Kamakura S, Shimizu W, Matsuo K, Taguchi A, Suyama K, Kurita T, *et al.* Localization of optimal ablation site of idiopathic ventricular tachycardia from right and left ventricular outflow tract by body surface ECG. *Circulation.* 1998;98(15):1525-33. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.98.15.1525>
 30. Osmancik P, Stros P, Herman D, Curila K, Petr R. The insufficiency of left anterior oblique and the usefulness of right anterior oblique projection for correct localization of a computed tomography-verified right ventricular lead into the midseptum. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2013;6(4):719-25. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000232>
 31. Chen D, Wei H, Tang J, Liu L, Wu S, Lin C, *et al.* A randomized comparison of fluoroscopic techniques for implanting pacemaker lead on the right ventricular outflow tract septum. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2016;32(5):721-8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10554-016-0840-1>
 32. Balt JC, van Hemel NM, Wellens HJ, de Voogt WG. Radiological and electrocardiographic characterization of right ventricular outflow tract pacing. *Europace.* 2010;12(12):1739-44. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/euq341>
 33. Shima T, Ohnishi Y, Inoue T, Yoshida A, Shimizu H, Itagaki T, *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(6):399-404. DOI: <https://doi.org/10.1253/jcj.62.399>
 34. Andrikopoulos G, Tzeis S, Asbach S, Semmler V, Lennerz C, Solzbach U, *et al.* SPICE Study Investigators. A stepwise electrocardiographic algorithm for differentiation of mid-septal vs. apical right ventricular lead positioning: the SPICE ECG substudy. *Europace.* 2015;17(6):915-20. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/euu344>

Contribuciones de los autores:

Conceptualización: Marleny Cruz Cardentey.
Curación de datos: Marleny Cruz Cardentey, Zana Cort, Alain Gutiérrez López.
Análisis formal: Marleny Cruz Cardentey, Zana Cort, Ana Mengana Betancourt, Alain Gutiérrez López.
Supervisión: Marleny Cruz Cardentey, Ana Mengana Betancourt, Alain Gutiérrez López.
Recursos: Marleny Cruz Cardentey, Zana Cort.
Investigación: Marleny Cruz Cardentey, Zana Cort, Ana Mengana Betancourt, Yiliam Blanco Pérez, Zoinez Soto García, Alain Gutiérrez López.
Metodología: Marleny Cruz Cardentey, Alain Gutiérrez López.
Administración del proyecto: Marleny Cruz Cardentey.
Redacción–borrador original: Marleny Cruz Cardentey, Alain Gutiérrez López.
Redacción–revisión y edición: Marleny Cruz Cardentey, Alain Gutiérrez López.

DIRECCION PARA CORRESPONDENCIA: Marleny Cruz Cardentey, Hospital Clínico Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba. E-mail: marlenycruzcardentey@gmail.com

Los autores firmantes del manuscrito declaran no poseer Conflicto de intereses.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).