

## Estimulación parahisiana guiada por un índice de correlación cruzada con dos derivaciones electrocardiográficas

Dr. Enrique Vives Rodríguez<sup>1\*</sup>, Dra. Vivien Araya Gómez<sup>2,3</sup>, Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo<sup>4</sup>, Dr. Luis Diego Solís Solís<sup>1,4</sup>,  
 Dr. Hugo Arguedas Jiménez<sup>1,4</sup> & Dr. Emilio Logarzo<sup>5</sup>

1. Servicio de Cardiología, Unidad de Arritmias, Hospital Rafael A. Calderón Guardia, San José, Costa Rica
2. Servicio de Cardiología, Hospital Clínica Bíblica, San José, Costa Rica
3. Centro Cardiológico Integral, San José, Costa Rica
4. Servicio de Cardiología, Hospital México, San José, Costa Rica
5. Clínica San Camilo y Hospital Universitario Austral, Buenos Aires, Argentina

\* Autor para correspondencia: Dr. Enrique Vives Rodríguez. Servicio de Cardiología, Unidad de Arritmias, Hospital Rafael A. Calderón Guardia, Barrio Amón, San José, Costa Rica. Tel +506 8368-2049 vives40@gmail.com

Recibido 8 de marzo de 2019. Aceptado 01 de setiembre de 2019.

### RESUMEN

**Introducción.** La estimulación apical del ventrículo derecho (VD) produce un patrón de activación similar al bloqueo de rama izquierda, el cual retrasa la activación de la pared lateral del ventrículo izquierdo. El "índice de disincronía" (ID) correlaciona las derivadas DII y V6 como marcadores de la despolarización septal y lateral; en el presente reporte, se utilizó el ID para el implante del electrodo ventricular en la región "parahisiana". **Métodos.** Se incluyeron 6 pacientes a quienes se realizó un implante electivo de marcapasos bicameral, bajo indicaciones convencionales. En cada paciente se registró un electrocardiograma de 12 derivaciones en reposo, bajo estimulación apical en el (VD) y bajo estimulación septal "parahisiana"; en cada uno se obtuvo el ID. **Resultados.** Se analizaron 18 electrocardiogramas de 6 pacientes, edad promedio  $72 \pm 16.7$  años (48-91) 2 mujeres; en 4, la indicación del implante fue bloqueo atrioventricular completo y en 2, enfermedad del nodo sinusal. En todos los pacientes se observó mejoría del ID con estimulación parahisiana, con respecto al ápex del VD y en la mayoría también con respecto al ritmo de base. No se observó correlación entre la duración del complejo QRS y el ID. **Conclusión.** El uso del ID utilizando las derivaciones II/V6 permite valorar la disincronía eléctrica, en forma sencilla, no invasiva y en tiempo real.

**Palabras clave:** marcapasos, disincronía, estimulación parahisiana.

### ABSTRACT

#### Parahisian stimulation guided by a cross-correlation index with two electrocardiographic leads

**Introduction.** Right ventricle (RV) apical stimulation produces an activation pattern similar to the left bundle branch block, which delays the lateral wall of the left ventricle activation. The "dyssynchrony index" (ID) correlates DII and V6 leads as surrogate markers of septal and lateral depolarization; in this report, the ID for the ventricular electrode implant in the "parahisian" region was used. **Methods.** Six patients were included who underwent an elective dual chamber pacemaker implant, under conventional indications. In each patient, a 12-lead electrocardiogram was recorded at rest, under RV apical stimulation and under "parahisian" septal stimulation; in each one, the ID was obtained. **Results.** Eighteen electrocardiograms of 6 patients were analysed, average age  $72 \pm 16.7$  years (48-91) 2 women; in 4, the indication of the implant was complete atrioventricular block and in 2, sinus node disease. In all patients, improvement of the ID with parahisian stimulation was observed, with respect to the RV apex, and in most of them, also with respect to the base rhythm. No correlation was observed between the QRS complex duration and the ID. **Conclusion.** The use of the ID using leads II/V6 allows the evaluation of electrical dyssynchrony, in a simple, non-invasive way and in real time.

**Key words:** pacemaker, dyssynchrony, parahisian stimulation.

Estimulación parahisiana guiada por un índice de correlación cruzada con dos derivaciones electrocardiográficas

Dr. Enrique Vives Rodríguez, Dra. Vivien Araya Gómez, Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo,  
 Dr. Luis Diego Solís Solís, Dr. Hugo Arguedas Jiménez & Dr. Emilio Logarzo



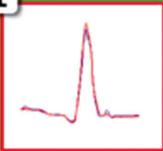
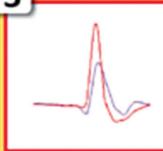
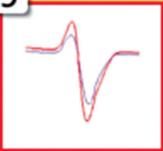
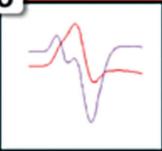
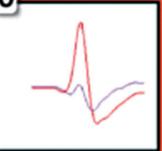
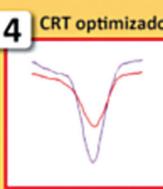
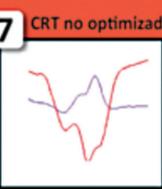
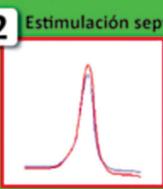
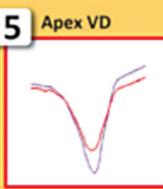
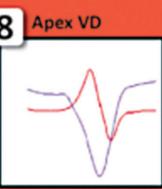
## INTRODUCCIÓN Y RESEÑA HISTÓRICA

En 1957 el programa de cirugía cardíaca de la Universidad de Minnesota había realizado alrededor de 300 cirugías en pacientes con cardiopatías congénitas; dada la frecuente aparición de bloqueos auriculoventriculares (AV) en el postoperatorio temprano, se desarrolló un cable de estimulación miocárdica, alimentado con la fuente de corriente del hospital. En octubre de ese año, un apagón de 3 horas desató la muerte de un infante; por ese motivo, el Dr. Lillehei y el ingeniero Earl Bakken desarrollaron la primera batería de marcapasos; en 1958 el Dr. Ake Senning y el ingeniero Rune Elmqvist implantaron el primer marcapasos completo a un paciente con bloqueo AV completo y síndrome de Stokes Adams; la primera batería duró 8 horas y el paciente requirió de 5 recambios de electrodos y 22 recambios de generador durante toda su vida; pero esto le permitió vivir hasta sus 86 años, falleciendo en el 2002 por un cáncer no relacionado a su defecto de conducción cardíaca.<sup>1</sup> Sesenta años después de historia y de aprendizaje continúa la búsqueda de la mejor técnica que proporcione estímulos eléctricos externos que reemplacen a la despolarización fisiológica y sincrónica del miocardio.

Durante este proceso, se ha comprendido que la estimulación ventricular derecha apical produce un patrón de activación similar al bloqueo de rama izquierda del haz de His, que retrasa la contracción de la pared lateral del ventrículo

izquierdo (VI) con respecto a la pared septal, produciendo disincronía intraventricular.<sup>2</sup> Estudios clínicos como el DAVID<sup>3</sup> y el MOST<sup>4</sup> indicaron un cambio en la estrategia de estimulación con marcapasos, buscando minimizar el porcentaje de estimulación ventricular derecha y así, la mortalidad y las hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca. En los pacientes que requieren estimulación permanente, el ensayo BLOCK HF, con estimulación biventricular, demostró una reducción combinada del 26% en mortalidad, hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca y aumento del volúmen telesistólico del VI, en pacientes con bloqueo AV y fracción de eyección (FE)  $\leq 50\%$ , en comparación con estimulación ventricular derecha convencional<sup>5</sup>. En base a estos hallazgos, las guías clínicas recomiendan la implantación o el "upgrade" a terapia de resincronización cardíaca para pacientes con falla cardíaca y FE reducida, con indicación para estimulación ventricular por un bloqueo AV de alto grado (recomendación de clase I, nivel de evidencia A).<sup>6</sup>

Aunque el concepto de estimulación permanente del haz de His fue descrito hace casi 20 años,<sup>7</sup> recientemente se han publicado experiencias con estimulación "hisiana" selectiva y estimulación hisiana no selectiva o "parahisiana", como método de estimulación fisiológico del sistema de conducción, con el cual se puede la disincronía ventricular; este abordaje ha venido a revisar las técnicas tradicionales de estimulación ventricular derecha y de resincronización cardíaca.

	SINCRONICO	INTERMEDIO		DISINCRONICO	
Índice	0 - 0,4	0,41 - 0,7		0,71 - 1	
RITMO PROPIO	1 QRS ANGOSTO 	3 BCRD 	9 HBAI +/- BCRD 	6 BCRI 	10 HBAI +/- BCRD 
CRT CONVENCIONAL		4 CRT optimizado 		7 CRT no optimizado 	
MARCAPASOS	2 Estimulación septal 	5 Apex VD 		8 Apex VD 	

**Figura 1.** Valores de corte para disincronía del sistema Synchronax®. En verde, pacientes con QRS estrecho y pacientes con ritmo de marcapasos y estimulación septal (0.0-0.4). Al centro, en amarillo, pacientes con bloqueo de rama derecha con o sin bloqueo fascicular anterior, con resincronizador "optimizado" y en algunos ritmos de marcapasos (0.41-0.70). A la derecha, en rojo, pacientes con bloqueo de rama izquierda, bloqueo de rama derecha combinado con bloqueo fascicular anterior, resincronizadores no optimizados y ritmo de marcapaso en ápex del ventrículo derecho (>0.71).

### Estimulación parahisiana guiada por un índice de correlación cruzada con dos derivaciones electrocardiográficas

Dr. Enrique Vives Rodríguez, Dra. Vivien Araya Gómez, Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo, Dr. Luis Diego Solís Solís, Dr. Hugo Arguedas Jiménez & Dr. Emilio Logarzo



**Tabla 1**  
Características basales de los pacientes registrados

	Edad (años)	Género	Indicación de Implante	Duración QRS (ms)	Índice de disincronía basal VI
1	80	M	BAVC	63	0.50
2	59	F	BAVC	101	0.22
3	69	F	BAVC	140	1.0
4	48	M	BAVC	140	0.67
5	91	M	SSS	140	0.15
6	87	M	SSS	163	4.52

CM = masculino; F = femenina; BAVC = bloqueo AV completo; SSS= síndrome de seno enfermo.

La valoración de la disincronía inter e intraventricular es sujeto de debate. Si bien el patrón de bloqueo de rama izquierda del haz de His es el marcador sucesáneo más utilizado y validado, se han estudiado otros métodos como la vectocardiografía o técnicas con imágenes, tales como la ecocardiografía (en especial, la deformación longitudinal o radial) y la resonancia magnética nuclear; sin embargo su complejidad y costo no permiten utilizarlo en todos los pacientes.<sup>6,8</sup> En el presente reporte, se utilizó el índice de disincronía (ID), el cual consiste en una correlación cruzada de dos derivaciones electrocardiográficas, DII/V6 como marcadores sucesáneos de la despolarización de la pared septal y de la despolarización pared lateral del VI, respectivamente;<sup>8,9</sup> este análisis matemático toma en cuenta el inicio y el final del complejo QRS, la concordancia de la polaridad y la duración de los complejos QRS en ambas derivaciones. El valor normal del ID es  $\leq 0.4$ ; un valor entre 0.41 y 0.70 indica un rango intermedio de disincronía y  $\geq 0.71$ , un grado severo de disincronía (Figura 1). En los pacientes que requieren estimulación cardiaca permanente, teóricamente se pueden prevenir los efectos indeseables de la estimulación ventricular derecha mediante el uso del ID, eligiendo el mejor valor en diferentes posiciones del electrodo y en comparación con el valor basal de cada paciente.

## MÉTODOS

**Pacientes.** Se incluyeron 6 pacientes a quienes se realizó un implante electivo de marcapasos bicameral, bajo

indicaciones convencionales. En cada paciente se registró un electrocardiograma convencional de 12 derivaciones en reposo, otro con estimulación apical en el ventrículo derecho (VD) y otro con estimulación septal "parahisiana" a nivel de la base del tracto de salida del VD.

**Registro electrocardiográfico.** Se utilizó un electrocardiógrafo convencional, el cual cuenta con un programa digital específico que calcula el índice de disincronía (sistema Synchronax®; Exxo, Buenos Aires, Argentina); además, se calculó la duración del complejo QRS para ser comparado con el ID. Los registros se realizaron con una calibración estándar de 10 mm/mV y 25 mm/s.

## RESULTADOS

Se analizaron 18 electrocardiogramas de 6 pacientes, con edad promedio de  $72 \pm 16.7$  años (rango 48-91); 2 mujeres (33,3%, tabla 1). Las indicaciones para el implante en 4 pacientes fue bloqueo AV completo, 3 de los cuales tenían ritmo de escape y uno (paciente No. 3) tenía colocado un marcapasos temporal, debido a inestabilidad hemodinámica; y en 2 casos, el implante fue indicado por enfermedad del nodo sinusal ("síndrome del seno enfermo").

En todos los pacientes se observó mejoría del ID con estimulación parahisiana, con respecto al ápex del VD; incluso, en la mayoría también fue menor que con respecto al ritmo de base (tabla 2, Figura 2). No se observó correlación entre la duración del complejo QRS y el ID; por ejemplo, los pacientes 3, 4 y 5 mostraron una duración similar del complejo QRS; sin

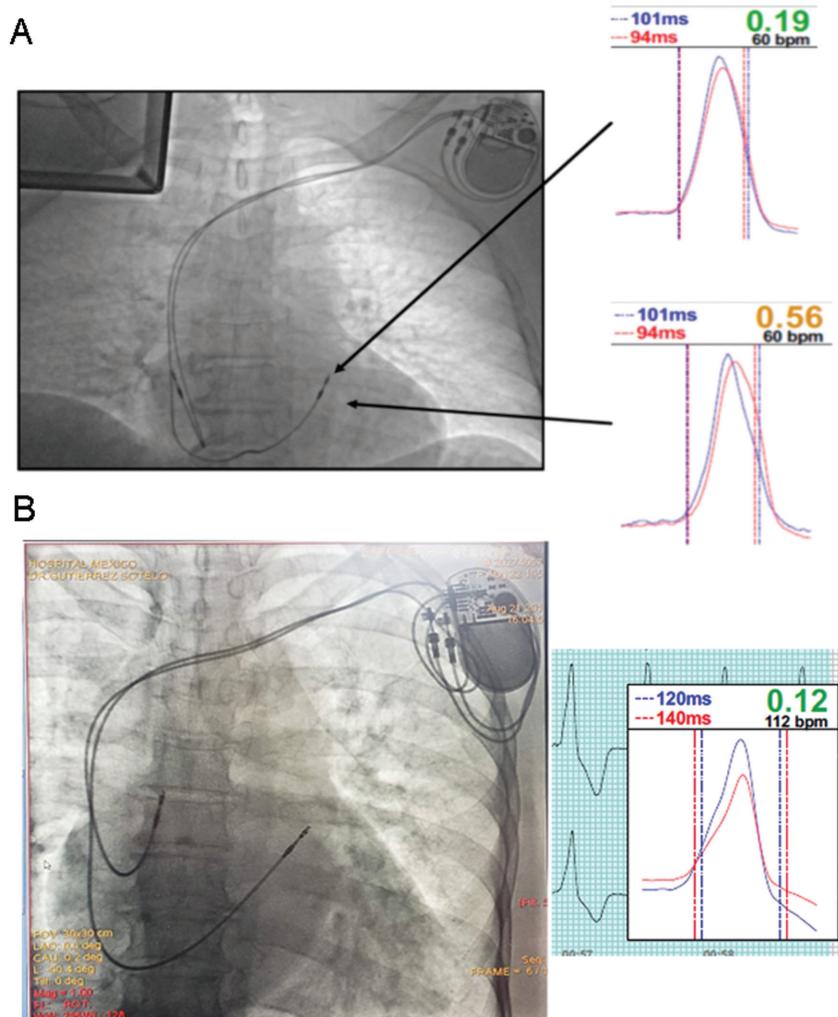
**Tabla 2**  
Índices de disincronía durante el ritmo cardiaco de base y bajo estimulación en diferentes localizaciones en el ventrículo derecho

	ID Ritmo de base	ID Sitio 1	Localización	ID Sitio 2	Localización
1	0.50	0.50	Ápex	0.12	TSVD
2	0.22	0.56	TSVD bajo	0.19	TSVD alto
3	1.0	1.0	Ápex	0.26	TSVD
4	0.67	0.41	TSVD bajo	0.18	TSVD alto
5	0.15	2.46	Ápex	0.23	TSVD
6	4.52	3.21	Ápex	0.49	TSVD

ID: índice de disincronía; TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho.

**Estimulación parahisiana guiada por un índice de correlación cruzada con dos derivaciones electrocardiográficas**  
Dr. Enrique Vives Rodríguez, Dra. Vivien Araya Gómez, Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo, Dr. Luis Diego Solís Solís, Dr. Hugo Arguedas Jiménez & Dr. Emilio Logarzo





**Figura 2.** A. Índices de disincronía (ID) bajo estimulación en 2 diferentes localizaciones del tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD); nótese que la morfología de ambas curvas es similar a la curva normal de activación fisiológica a través del sistema de conducción (fig 1, en amarillo); en este caso, el ID es mejor en la base del TSVD. B. Resultado final en el paciente No. 1.

embargo, presentaban diferencias con respecto a sus ID basales (tabla 1).

## DISCUSIÓN

El presente reporte demuestra que, utilizando el ID, la estimulación apical del VD produce mayor disincronía que la estimulación septal parahisiana, a nivel de la base del tracto de salida del VD; la cual, en la mayoría de pacientes consigue “encarrilar” al haz de His distal, sus ramas y la red de Purkinje; de esta forma, la activación miocárdica sucede de manera más cercana a la fisiológica; es decir, en sentido céfalocaudal (desde la base hacia el ápex), desde la derecha hacia la izquierda y con menor duración; y desde el endocardio hacia el epicardio. Es lo contrario de lo que se observa con la estimulación apical, en la cual el frente de activación es caudocefálico (desde el ápex hacia la base) y es de duración prolongada; y en el caso del resincronizador, desde epicardio

hacia endocardio;<sup>10,11</sup> en consecuencia, se genera un retraso en la activación de las regiones más distales del VI (pared posterior y lateral), de manera similar a lo que se observa en un bloqueo de la rama izquierda del haz de His; esta activación tardía se traduce en una contracción diferida en dichas áreas, con el consiguiente efecto deletéreo sobre la función contráctil global y, eventualmente, sobre las dimensiones y los volúmenes del VI.

No se observó correlación entre la duración del complejo QRS y el ID, lo cual puede significar que en algunos pacientes con complejos QRS angostos, puede existir disincronía –mecánica–, tal como se ha reportado con otros métodos diagnósticos. Este concepto está relacionado a la inclusión del patrón electrocardiográfico de bloqueo de la rama izquierda, como marcador sucedáneo de disincronía, en las guías internacionales de indicaciones para la terapia de resincronización cardíaca, en vista que la sola duración del complejo QRS tiene un menor valor predictivo de respuesta a dicha terapia.<sup>12</sup>

**Estimulación parahisiana guiada por un índice de correlación cruzada con dos derivaciones electrocardiográficas**

Dr. Enrique Vives Rodríguez, Dra. Vivien Araya Gómez, Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo, Dr. Luis Diego Solís Solís, Dr. Hugo Arguedas Jiménez & Dr. Emilio Logarzo

## CONCLUSIÓN

El uso del ID, una correlación cruzada de las derivaciones II/V6, permite valorar la disincronía eléctrica, en forma sencilla, no invasiva y en tiempo real. Se ha descrito su utilidad, tanto en implantes de marcapasos convencionales, así como en optimización de la resincronización cardiaca; es necesaria una mayor exploración de este método como guía para tomar decisiones en forma personalizada.

**Conflicto de interés:** Ninguno de los autores ha recibido financiamiento para la ejecución del presente manuscrito.

## REFERENCIAS

1. Aquilina O. A brief history of cardiac pacing. *Images Paediatr Cardiol* 2006; 8:17-81.
2. Barold SS, Guglin MG. The Role of Biventricular Pacing in the Prevention and Therapy of Pacemaker-Induced Cardiomyopathy. *Ann Noninv Electrocardiol* 2015; 20(3): 224-239.
3. Sharma AD, Rizo-Patron C, Hallstrom AP, et al. Percent right ventricular pacing predicts outcomes in the DAVID trial. *Heart Rhythm* 2005; 2:830-834.
4. Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, 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; 107:2932-2937.
5. Curtis AB, Worley SJ, Adamson PB, et al. Biventricular pacing for atrioventricular block and systolic dysfunction. *N Engl J Med* 2013; 368:1585-1593.
6. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS et al. The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2016; 37, 2129-2200.
7. Deshmukh P, Casavant D, Romanyshyn M, Anderson K. Permanent direct His-bundle pacing: a novel approach to cardiac pacing in patients with normal His-Purkinje activation. *Circulation* 2000; 101:869-877.
8. Bonomini MP, Ortega DF, Barja DL, Logarzo E, Mangani N, Paolucci A. ECG parameters to predict left ventricular electrical delay. *J Electrocardiol* 2018; 51: 844-850.
9. De Zuloaga C. ¿Qué aprendimos de sincronía biventricular con el uso de "Sinchromax"? *Rev Electrof y Arrit* 2015; 8: 38-43.
10. Villarroel-Ábrego H, Garillo R. Estimulación del ventrículo derecho como causante y agravante de disincronía ventricular. *Rev Costarr Cardiol* 2018; 20(2): 6-12.
11. Slotwiner DJ, Raitt MH, Del-Carpio Munoz F, Mulpuru SK, Nasser N, Peterson PN. Impact of Physiologic Pacing Versus Right Ventricular Pacing Among Patients with Left Ventricular Ejection Fraction Greater Than 35%: A Systematic Review for the 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients with Bradycardia and Cardiac Conduction Delay. *Circulation* 2019;140: e483-e503.
12. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, Klein H, Brown MW, Daubert JP, Estes NA 3rd, Foster E, Greenberg H, Higgins SL, Pfeffer MA, Solomon SD, Wilber D, Zareba W; MADIT-CRT Trial Investigators. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *N Engl J Med* 2009; 361, 14: 1329-1338.