

## Mejoría clínica, hemodinámica y de marcadores bioquímicos tras estimulación ventricular desde el área de la rama izquierda

**Clinical, hemodynamic and biochemical improvement related to left bundle branch area pacing**

Pau Alonso Fernández<sup>1\*</sup>, Diego Plaza<sup>1</sup>, Paloma Oltra<sup>1,3</sup>, Ingrid Cardells<sup>2</sup>, Carla Castillo<sup>2</sup> y Luis Mainar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Arritmias, Servicio de Cardiología, Hospital de Manises; <sup>2</sup>Servicio de Cardiología, Hospital de Manises; <sup>3</sup>Instituto de Investigación Sanitaria la Fe. Valencia, España.

### Resumen

**Introducción:** La estimulación ventricular derecha puede provocar insuficiencia cardiaca y disfunción ventricular. La estimulación en el área de la rama izquierda (ERI) permite capturar el sistema His-Purkinje. La ERI se ha estudiado en la estimulación ventricular y en la terapia de resincronización cardiaca. La evolución de los péptidos natriuréticos (NT-proBNP) asociada a la ERI no ha sido estudiada hasta el momento. **Métodos:** Se incluyeron pacientes consecutivos remitidos para implante de marcapasos o terapia de resincronización cardiaca. El implante del electrodo de ERI se realizó siguiendo la técnica descrita por Huang et al. Los pacientes eran sometidos a ecocardiograma y determinación de NT-proBNP antes y cuatro semanas después del procedimiento. **Resultados:** Se analizaron 50 pacientes con implante exitoso y seguimiento completo. No hubo diferencias significativas entre los umbrales medidos durante el procedimiento y los obtenidos al cabo de 12 semanas. La ERI logró una reducción significativa de la anchura del complejo QRS ( $148 \pm 21$  vs.  $107 \pm 11$  ms;  $p = 0.029$ ). La ERI logró una reducción significativa de la clasificación funcional en el conjunto de la muestra y una reducción significativa de NT-proBNP ( $2,888.2 \pm 510$  vs.  $1,181 \pm 130$  pg/ml;  $p = 0.04$ ). En pacientes con fracción de eyeción del ventrículo izquierdo (FEVI)  $< 50\%$  y asincronía se logró un incremento significativo de la FEVI con la ERI ( $40.2 \pm 7$  vs.  $55.2 \pm 7\%$ ;  $p < 0.001$ ). **Conclusiones:** La ERI es factible en la mayoría de pacientes y se asocia con una reducción de la duración del complejo QRS. La ERI no condiciona un efecto deletéreo sobre la FEVI a corto-medio plazo; además, en aquellos pacientes con FEVI deprimida y asincronía ventricular permite incrementar la FEVI.

**Palabras claves:** Estimulación de rama izquierda. Insuficiencia cardiaca. Estimulación ventricular.

### Abstract

**Background:** Right ventricular pacing is associated with risk of heart failure and left ventricular dysfunction. Left bundle branch area pacing (LBBP) has emerged as an alternative method for delivering physiological pacing. The effect of LBBP on N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) has not been investigated. **Method:** Finally, 50 patients referred for pacemaker implantation were included. LBBP was performed as described previously by Huang et al. Transthoracic echocardiogram and NT-proBNP were performed before and four weeks after the procedure. **Results:** 50 patients were analyzed. There were not differences

**\*Correspondencia:**

Pau Alonso Fernández

E-mail: pau.alonso.fernandez@gmail.com

1405-9940 / © 2022 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Date of reception: 18-11-2021

Date of acceptance: 26-05-2022

DOI: 10.24875/ACM.21000355

Disponible en internet: 02-02-2023

Arch Cardiol Mex. 2023;93(1):44-52

[www.archivoscardiologia.com](http://www.archivoscardiologia.com)

*between ventricular thresholds during the procedure and 3 months later, LBBP significantly reduced QRS complex duration (148 ± 21 vs. 107 ± 11 ms; p = 0.029). LBBP significantly improved NYHA functional class and reduced NT-proBNP concentration (2888.2 ± 510 vs. 1181 ± 130 pg/ml; p = 0.04). In patients showing left ventricular ejection fraction (LVEF) < 50% and ventricular desynchrony LBBP showed a significant LVEF increase (40.2 ± 7 vs. 55.2 ± 7%; p < 0.001). Conclusions: LBBP was feasible and safe in most of patients. LBBP was associated with reduction in QRS width and with increase in LVEF in patients with ventricular desynchrony, while in patients with normal LVEF it remained unchanged during follow-up.*

**Keywords:** Left bundle branch pacing. Heart Failure. Ventricular pacing.

## Introducción

La estimulación ventricular derecha desde ápex, septo o tracto de salida del ventrículo derecho (VD) tiene un efecto deletéreo sobre la contracción ventricular<sup>1,4</sup>. Este fenómeno puede condicionar el deterioro clínico en caso de disfunción ventricular previa<sup>2</sup> e incluso la aparición de clínica de insuficiencia cardiaca<sup>3,4</sup> o el desarrollo de una miocardiopatía inducida por estimulación<sup>5,6</sup>.

La estimulación hisiana (EH) es la forma más fisiológica de estimulación ventricular permanente. La EH ha demostrado ser capaz de reducir eventos adversos (miocardiopatía, insuficiencia cardiaca y mortalidad) en comparación con la estimulación desde ápex del VD<sup>7,8</sup>.

Desafortunadamente, existen diversos factores que limitan la generalización de la EH: progresión del bloqueo hacia zonas distales al electrodo, modesta tasa de implantes exitosos, umbrales elevados y posibilidad de aumento de umbrales de forma tardía en relación con microdislocación del electrodo<sup>9-11</sup>. Por último, la EH puede no ser factible en pacientes cuyo nivel de bloqueo se encuentre en la porción más distal del haz de His<sup>12</sup>.

Huang et al. han demostrado recientemente la posibilidad de realizar una estimulación fisiológica en el área de la rama izquierda, inmediatamente distal al haz de His<sup>13</sup>. La estimulación en el área de la rama izquierda del haz de His (ERI) permitiría capturar el sistema His-Purkinje distal al haz de His, manteniendo la sincronía ventricular. La ERI tendría la ventaja de presentar umbrales de estimulación más bajos, mayor estabilidad del electrodo y una detección de mayor amplitud<sup>14</sup>. La ERI se ha empleado con éxito en el contexto de necesidad de estimulación ventricular<sup>15</sup>, así como en la corrección de un bloqueo de rama izquierda, como alternativa a la terapia de resincronización cardiaca (TRC) convencional<sup>16</sup>. Sin embargo el número de pacientes incluidos en las publicaciones es reducido y aún no se ha estudiado de forma aleatorizada frente a la TRC convencional. Además, la evolución de parámetros analíticos, en particular de los

péptidos natriuréticos (NT-proBNP), asociada a la ERI, no ha sido descrita hasta el momento en la literatura.

Por este motivo diseñamos un estudio que estudiara de forma prospectiva los parámetros clínicos, eléctricos, hemodinámicos y analíticos de pacientes sometidos a estimulación ventricular permanente desde el área de la rama izquierda, tanto en pacientes con indicación de estimulación convencional como de TRC.

## Material y métodos

### Población de estudio

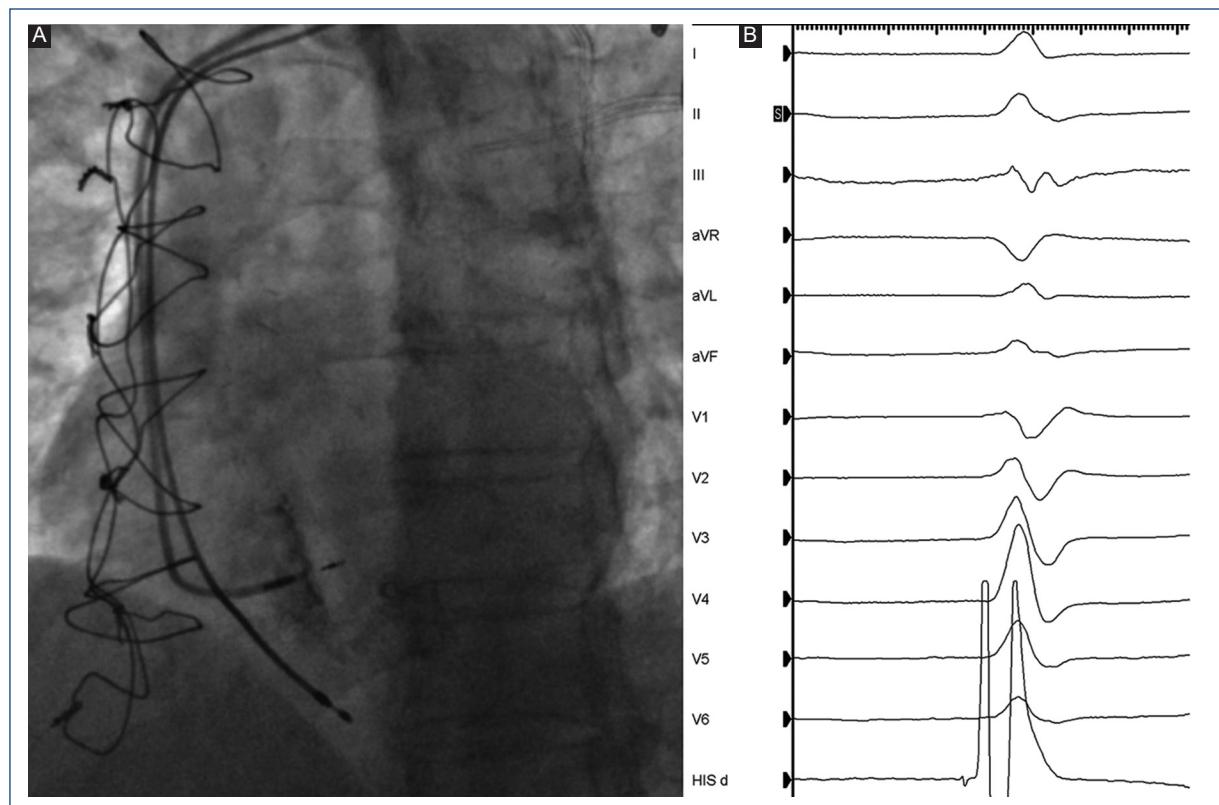
Se incluyeron pacientes consecutivos remitidos a nuestra unidad para implante de un dispositivo de estimulación cardiaca permanente, tanto de marcapasos (MP) convencional como de un dispositivo de TRC. Los criterios de inclusión en el estudio fueron: a) edad > 18 años; b) indicación establecida para implante de dispositivo de estimulación ventricular permanente/TRC según las actuales guías de práctica clínica<sup>17</sup>, y c) capacidad para firmar el consentimiento informado.

Los criterios de exclusión del estudio fueron: a) bajo porcentaje de estimulación ventricular previsto (enfermedad del nodo sinusal); b) embarazo; c) alergia al contraste yodado, y d) incapacidad para seguir controles previstos en el estudio.

### Protocolo de estudio

Los pacientes eran sometidos a un ecocardiograma y una analítica de sangre para estimar el NT-proBNP antes del implante del dispositivo. Una vez implantado se repetía tanto el ecocardiograma como la analítica transcurridas al menos cuatro semanas del implante. La primera visita postimplante se realizaba transcurridas 12 semanas desde el implante.

La clase funcional del paciente era asimismo valorada previa al implante y en la visita clínica a las 12 semanas del implante.



**Figura 1.** A: septograma que demuestra la correcta penetración del electrodo de estimulación en el septo interventricular. B: visualización del potencial de rama izquierda (canal de HISd).

### Implante del electrodo en el área de la rama izquierda

El implante del electrodo de estimulación en el área de la rama izquierda se llevó a cabo siguiendo la técnica descrita previamente por Huang et al.<sup>18</sup>. El electrodo empleado en todos los casos fue el 3830-69 SelectSecure (Medtronic Inc, Minneapolis, MN) y el catéter utilizado para ello el C315His (Medtronic Inc, Minneapolis, MN).

La ubicación del electrodo se comprobó mediante la proyección oblicua anterior izquierda y la penetración en el septo interventricular fue demostrada con el uso de contraste yodado (Fig. 1A). Para considerar la existencia de captura de la rama izquierda se emplearon los criterios descritos recientemente por Chen et al.<sup>19</sup> (Fig. 1B, Fig. 2 A y B).

### Valoración hemodinámica y electrocardiográfica

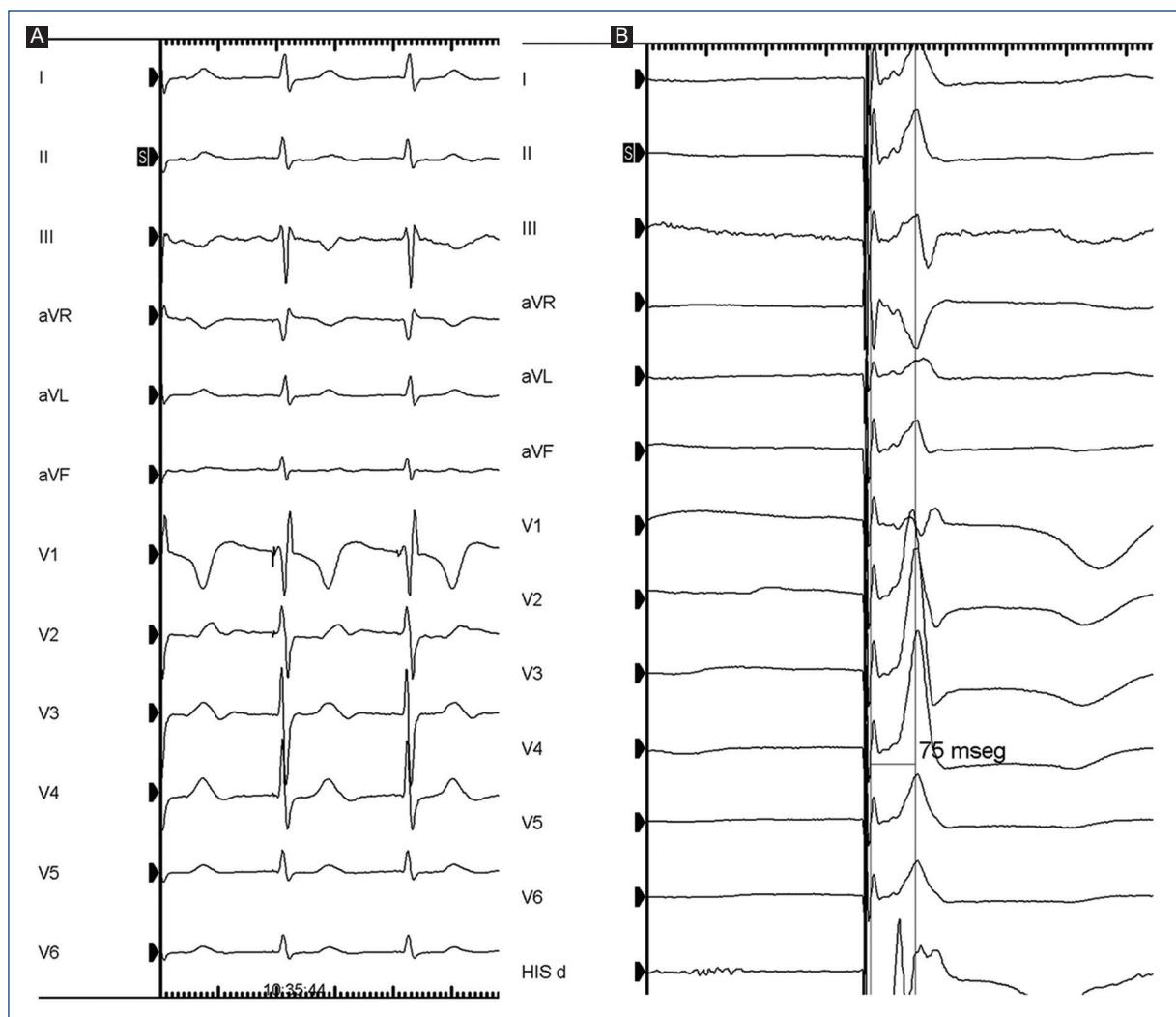
La valoración funcional del VI fue realizada mediante un ecocardiograma transtorácico (ETT) por un operador ciego al dispositivo implantado. Se realizó un ETT

previo al implante y uno posterior, transcurridas al menos cuatro semanas de este. Se calculó la fracción de eyeción del ventrículo izquierdo (FEVI) por el método de Simpson biplano.

Se recopilaron los electrocardiogramas (ECG) previos al implante e inmediatamente posteriores realizados con el polígrafo multicanal Cardiolab Prucka (GE Inc., Wisconsin, EE.UU.), así se obtuvieron los valores de anchura del complejo QRS (QRSd) previos y posteriores al implante, medidos ambos en milisegundos (ms). Por último, se obtuvo el tiempo de activación ventricular izquierdo (LVAT), medido desde el artefacto de estimulación hasta el pico de activación en las derivaciones V5 o V6 del ECG de superficie.

### Seguimiento del dispositivo y valoración funcional

El seguimiento del dispositivo se realizó trascurridas 12 semanas desde su implante. Este fue llevado a cabo en la consulta de dispositivos por un cardiólogo electrofisiólogo. En dicha consulta también



**Figura 2.** A: estimulación septal profunda con captura de la rama izquierda, obteniendo un patrón morfológico de bloqueo completo de rama derecha del haz de His (BCRDHH). B: ejemplo de medición del tiempo de activación del ventrículo izquierdo (LVAT) para confirmar la captura del tejido específico de conducción en el área de la rama izquierda.

se valoró la clase funcional (CF) de la *New York Heart Association* (NYHA) del paciente posterior al implante.

### Análisis estadístico

Se obtuvieron estadísticos descriptivos de frecuencia de las variables continuas estudiadas (media  $\pm$  desviación estándar) y las variables categóricas (porcentaje). Antes de analizar los datos se procedió a comprobar la distribución normal de los datos empleando el test de Kolmogorov-Smirnov. Para las comparaciones entre variables cuantitativas continuas, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS, versión 25 (SPSS Inc.; Chicago, EE.UU.). Se consideraron estadísticamente significativos valores de  $p < 0.05$ .

### Resultados

Se incluyeron inicialmente 58 pacientes consecutivos a los que se les realizó implante de un electrodo de estimulación en el área de la rama izquierda. De los pacientes inicialmente incluidos, se analizaron finalmente 50 debido a la incapacidad para implantar de forma exitosa el electrodo en cinco de ellos, a microdislocación del electrodo en otros dos pacientes, con pérdida de captura de rama izquierda y a la pérdida de seguimiento en un paciente por comorbilidad (neoplasia de páncreas).

**Tabla 1.** Características basales de los pacientes\*

Variables	n (%)
Mujeres	14 (28)
Edad (años)	73 ± 9
FRCV	
Hipertensión arterial	35 (70)
Diabetes mellitus	18 (36)
Dislipidemia	33 (66)
Tabaquismo	17 (34)
Cardiopatía previa	34 (68)
Patología coronaria	20 (40)
ECG basal	
Normal	7 (14)
BCRIHH	14 (28)
BCRDHH	16 (32)
Ritmo estimulado por MP	13 (26)
Clase funcional NYHA	
I	13 (26)
II	22 (44)
III	14 (28)
IV	1 (2)
Indicación	
MP convencional	36 (72)
TRC	14 (28)
Vía venosa acceso	
Subclavia	13 (26)
Axilar	37 (74)
Implante dispositivo	
Éxito inicial	53 (91)
Duración implante (min)	66 ± 22
Tiempo escopia (min)	9.11 ± 4.5
Dosis escopia (cGy/cm <sup>2</sup> )	1,700 ± 800
Complicaciones	0 (0)

\*Los valores expresan n (%) o media y desviación estándar.

FRCV: factores de riesgo cardiovascular; BCRIHH: bloqueo completo de rama izquierda del haz de His; BCRDHH: bloqueo completo de rama derecha del haz de His; MP: marcapasos; TRC: terapia de resincronización cardíaca; NYHA: New York Heart Association.

Las características basales de los pacientes, así como los datos relativos al procedimiento se detallan en la **tabla 1**.

### Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos agudos y en el primer seguimiento del dispositivo (12 semanas) relativos al electrodo se detallan en la **tabla 2**. No se apreciaron diferencias significativas entre los umbrales medidos durante el procedimiento y los obtenidos al cabo de 12 semanas (0.69 vs. 0.62 V @ 0.4 ms; p = 0.13). Durante el seguimiento dos pacientes presentaron pérdida de captura de la rama izquierda, manteniendo captura miocárdica con umbrales inferiores a 0.5 V @ 0.4 ms. En

**Tabla 2.** Parámetros eléctricos basales y en seguimiento

Variables	Implante	Seguimiento 3 meses	p-value
Detección (mV)	14.1 ± 12	13.1 ± 9	0.1
Impedancia (ohms)	953.5 ± 65	723.2 ± 38	0.001
Umbral (V @ 0.5 ms)	0.69 ± 0.2	0.62 ± 0.1	0.48

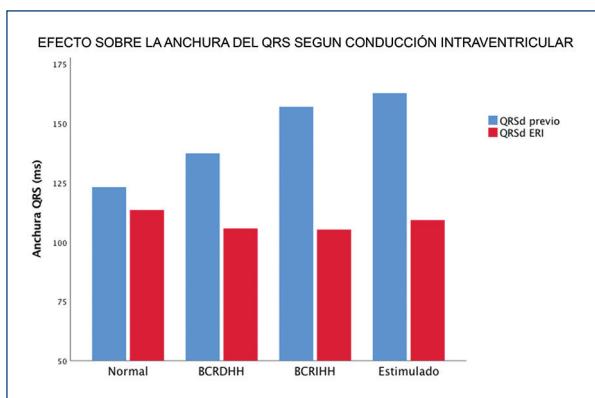
ambos casos la radiografía de tórax no mostró evidencia de dislocación, por lo que se interpretó como una microdislocación del electrodo. Tras comentar la situación con los pacientes se decidió realizar una recolocación quirúrgica del electrodo, ya que ambos pacientes tenían indicación de un dispositivo de resincronización.

### Estudio del electrocardiograma

La anchura basal media del QRS fue de 148 ± 21 ms. En 30 pacientes (60%) se evidenció algún trastorno de conducción intraventricular y en 13 pacientes (26%) un ritmo ventricular estimulado por marcapasos (**Tabla 1**). La ERI logró una reducción significativa de la anchura del complejo QRS, tanto al considerar de forma global a todos los pacientes de la muestra (148 ± 21 ms vs. 107 ± 11 ms; p = 0.029) como al estudiar de forma específica los pacientes con QRS prolongado basal (152 ± 18 ms vs. 108 ± 12 ms; p < 0.001). Al seleccionar aquellos pacientes con QRS basal estrecho (< 120 ms) no se apreció diferencias significativas entre ambos grupos (108 ± 8 ms vs. 105 ± 4 ms; p = 0.2).

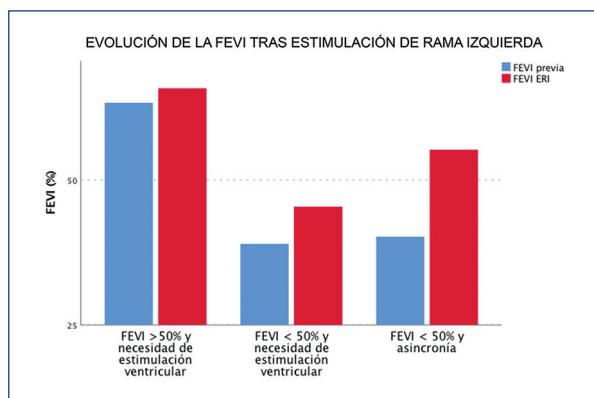
Se analizó de forma específica los pacientes con trastorno de conducción intraventricular (**Fig. 3**). En aquellos con bloqueo completo de rama izquierda del haz de His (BCRIHH) la anchura del QRS se redujo de forma significativa con la ERI (157 ± 16 ms vs. 107 ± 11 ms; p < 0.001). En los pacientes con un bloqueo completo de rama derecha del haz de His (BCRDHH) la anchura del complejo QRS también se redujo de forma significativa con la ERI (137 ± 11 ms vs. 106 ± 9 ms; p < 0.001). Por último, en aquellos pacientes con un complejo QRS estimulado por un marcapasos, la ERI logró reducir de forma significativa la duración del QRS (163 ± 21 ms vs. 110 ± 11 ms; p < 0.001).

El tiempo de activación medio del ventrículo izquierdo (LVAT) una vez realizada la ERI fue de 78 ± 11 ms.

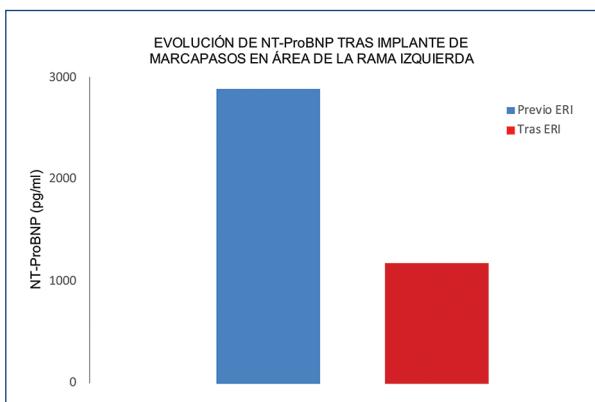


**Figura 3.** Anchura del complejo QRS obtenida mediante la estimulación desde el área de la rama izquierda en diversos subgrupos.

BCRDHH: bloqueo completo de rama derecha del haz de His; BCRIHH: bloqueo completo de rama izquierda del haz de His; ERI: estimulación en el área de la rama izquierda; QRSd: anchura del complejo QRS.



**Figura 5.** Evolución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) tras estimulación en el área de la rama izquierda en los diversos subgrupos del estudio. ERI: Estimulación en el área de la rama izquierda.



**Figura 4.** Evolución de la concentración de péptido natriurético (NT-ProBNP) en los pacientes de nuestra serie. La concentración de NT-ProBNP se expresa en pg/ml. ERI: Estimulación en el área de la rama izquierda.

### Parámetros clínicos, analíticos y hemodinámicos

La CF basal media de los pacientes fue de  $2.35 \pm 0.7$ . La ERI logró una reducción significativa de la CF en el conjunto de la muestra estudiada ( $2.35 \pm 0.7$  vs.  $1.8 \pm 0.7$ ;  $p = 0.03$ ).

La medición de NT-proBNP previa y posterior al implante estuvo disponible en 36 pacientes sometidos a implante de MP. En estos pacientes se evidenció una reducción significativa de NT-proBNP transcurridos  $78 \pm 14$  días ( $2,888.2 \pm 510$  pg/ml vs.  $1,181 \pm 130$  pg/ml;  $p = 0.04$ ) (Fig. 4).

De forma global, la ERI logró un incremento significativo de la FEVI con respecto a la situación basal ( $52.1 \pm 12\%$  vs.  $59.7 \pm 9\%$ ;  $p < 0.001$ ). Adicionalmente, se estudiaron de forma más detallada los siguientes subgrupos de pacientes: 1) pacientes con FEVI preservada y necesidad de estimulación ventricular; 2) pacientes con  $FEVI < 50\%$  y necesidad de estimulación ventricular, y 3) pacientes con  $FEVI < 50\%$  y presencia de asincronía ventricular (BCRIHH o miocardiopatía relacionada con estimulación ventricular permanente) (Fig. 5).

En pacientes con FEVI preservada, así como en aquellos con  $FEVI < 50\%$  sin asincronía de base no se aprecian diferencias de la FEVI entre la situación basal y el seguimiento a corto-medio plazo ( $63.4 \pm 4\%$  vs.  $65.1 \pm 5\%$ ;  $p = 0.12$  y  $39.1 \pm 4\%$  vs.  $44 \pm 5\%$ ;  $p = 0.06$ , respectivamente). Por su parte, en aquellos pacientes con  $FEVI < 50\%$  y asincronía de base se evidenció un incremento significativo de la FEVI tras el implante del dispositivo de ERI ( $40.2 \pm 7\%$  vs.  $55.2 \pm 7\%$ ;  $p < 0.001$ ).

### Discusión

El presente estudio es la primera serie publicada sobre estimulación en el área de la rama izquierda proveniente de un centro español. Además, se trata del primer trabajo que analiza el efecto de la ERI sobre la concentración de los péptidos natriuréticos publicado hasta el momento actual.

La ERI es una técnica desarrollada durante los últimos años para lograr una estimulación ventricular

más fisiológica. Una de sus fortalezas es la sencillez y reproducibilidad de la técnica que permiten una alta tasa de éxito en los implantes, con escasa dosis de escopia y sin incremento de las complicaciones<sup>13,15</sup>. Nuestros datos apoyan dicha afirmación, ya que en la mayoría de los pacientes intervenidos su logró un implante exitoso del electrodo (91%), sin que surgiera ninguna complicación aguda relacionada con el implante. Una ventaja adicional de la ERI en relación con la estimulación hisiana es la presencia de umbrales de estimulación más bajos y estables<sup>14</sup>, con menor necesidad de recolocación de electrodos en relación con incrementos bruscos de umbral. En nuestra serie el porcentaje de éxito en el implante fue similar al reportado en trabajos previos<sup>13</sup>. Los umbrales de estimulación fueron < 1 V @ 0.4 ms en la gran mayoría de los pacientes y tan solo en dos pacientes (4%) se tuvo que llevar a cabo una recolocación del electrodo de estimulación ventricular debido a la pérdida de captura de la rama izquierda, no de miocardio ventricular. En ambos casos el electrodo fue reposicionado sin complicaciones. Resulta de especial interés que el umbral de estimulación de miocardio ventricular de los electrodos microdislocados era < 0.5 V @ 0.4 ms a pesar de la pérdida de captura del sistema específico de conducción, por lo que los pacientes no sufrieron pérdida de captura en relación con la microdislocación.

### Efecto de la ERI sobre los parámetros electrocardiográficos

La ERI ha demostrado en diversos trabajos ser capaz de acortar la duración del complejo QRS en comparación con la estimulación ventricular convencional (desde VD)<sup>20</sup>. Recientemente Vijayaraman et al.<sup>21</sup> han demostrado que la ERI también es capaz de reducir la duración del complejo QRS en pacientes con indicación de un dispositivo de resincronización cardiaca. En nuestro estudio se mostró una reducción significativa de la duración del complejo QRS en aquellos pacientes con un complejo QRS basal prolongado, tanto en los pacientes con estimulación ventricular convencional como en aquellos con trastorno de la conducción intraventricular basal. De forma específica se analizaron por separado los pacientes con BCRDHH y BCRIHH demostrando en ambos subgrupos una reducción significativa de la duración del complejo QRS. La reducción en la duración del complejo QRS en el subgrupo de pacientes con BCRDHH coincide con la reportada por Vijayaraman et al.<sup>13,21</sup>. Estos datos podrían plantear en un futuro la

capacidad de la ERI para realizar resincronización en pacientes con trastorno de conducción diferente al BCRIHH, máxime en pacientes con un intervalo PR prolongado.

El tiempo de activación del VI (LVAT) logrado con la ERI en nuestra serie fue similar al descrito en la literatura y cumple con la definición de captura de la rama izquierda<sup>18</sup>.

### Parámetros clínicos, analíticos y hemodinámicos

La evolución clínica de pacientes con FEVI preservada sometidos a ERI fue analizada por Li et al.<sup>15</sup>. En dicho trabajo se confirmó la ausencia de deterioro clínico y de la FEVI en relación con la ERI. Por otra parte, la capacidad de mejorar la FEVI en los pacientes con indicación de TRC ha sido demostrada en diversos trabajos no aleatorizados<sup>21,22</sup>.

En nuestra serie destaca la ausencia de deterioro clínico en aquellos pacientes con CF I NYHA previa al implante, así como la mejoría significativa de la CF de los pacientes sometidos a ERI. Por el contrario, en el trabajo publicado por Tayal et al.<sup>4</sup> se objetivó la aparición de clínica de IC de *novo* en un 10.4% de los pacientes sometidos a implante de un MP convencional. Además, de los pacientes que desarrollaron clínica de IC, la mayoría lo hicieron durante los primeros 30 y 180 días postimplante. En nuestra serie ningún paciente desarrolló clínica de IC de *novo* tras el implante del dispositivo.

La variación de la concentración de NT-proBNP lograda con la ERI no ha sido estudiada hasta el momento. Dicha variación se ha correlacionado en múltiples trabajos con la probabilidad de respuesta a la TRC convencional<sup>23</sup>. Nuestro trabajo demostró que la ERI fue capaz de reducir de forma significativa las cifras de NT-proBNP en el subgrupo de pacientes con elevación previa de NT-proBNP. Dicha reducción significativa de biomarcadores podría ser considerada como un marcador de probable respuesta favorable a la ERI.

### Limitaciones

El trabajo que presentamos muestra diversas limitaciones: en primer lugar se trata de un trabajo unicéntrico con un tamaño muestral modesto, lo que limita la generalización de las conclusiones obtenidas. La concordancia con resultados obtenidos en otros estudios aporta aun así validez al presente trabajo. En segundo lugar, se trata de un estudio sin grupo control, por lo que

podría estar incurriendo en sesgos; por este motivo serían necesarios trabajos con mayor tamaño muestral, grupo control y aleatorización, que permitieran confirmar las hipótesis derivadas de trabajos como el nuestro. Por último, se trata de un trabajo con un seguimiento clínico modesto, lo cual limita la posibilidad de detección de complicaciones tardías relacionadas con el electrodo de ERI, como podría ser el aumento brusco de umbrales, la pérdida de captura selectiva del His-Purkinje o bien una hipotética infección que requiriera la extracción del sistema. A pesar de lo breve del seguimiento, sí consideramos que se ha evaluado la fase de maduración del electrodo durante la cual la posibilidad de dislocación de este es mayor, sin que se haya puesto en evidencia un incremento de umbrales o una incidencia elevada de microdislocación/macrodisección.

## Conclusiones

El presente estudio demuestra como la ERI es factible en la mayoría de los pacientes en los que se intenta, sin asociarse a una mayor incidencia de complicaciones. La ERI no condiciona un efecto deletéreo sobre la FEVI a corto-medio plazo, tanto en pacientes con FEVI preservada como en pacientes con FEVI deprimida y necesidades de estimulación ventricular permanente. Además, en aquellos pacientes con FEVI deprimida en relación con fenómeno de asincronía ventricular (disfunción ventricular por estimulación ventricular o presencia de BCRIHH) la ERI permite lograr un efecto beneficioso en la FEVI, llegando a normalizarla en un buen número de pacientes probablemente por la restauración de la sincronía ventricular. La ERI logró asimismo una reducción significativa del NT-pro-BNP en aquellos pacientes con cifras basales elevadas

## Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial, o con ánimo de lucro.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

## Bibliografía

1. Wiggers CJ. The muscular reactions of the mammalian ventricles to artificial surface stimuli. *Am J Physiol.* 1925;73:345-78.
2. Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, Greene HL, Hallstrom AP, Hsia H, et al.; Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator Trial Investigators. Dual chamber pacing or ventricular back up pacing in patients with an implantable defibrillator. *JAMA.* 2002;288:3115-23.
3. Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, Greenspon AJ, Freedman RA, Lee KL, et al. MoDe Selection Trial Investigators: 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.
4. Tayal B, Fruelund P, Sogaard P, Riahi S, Polciwatek C, Atwater BD, et al. Incidence of heart failure after pacemaker implantation: a nationwide Danish Registry-based follow-up study. *Eur Heart J.* 2019;40(44): 3641-8.
5. Khurshid S, Epstein AE, Verdino RJ, Lin D, Goldberg LR, Marchlinski FE, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy. *Heart Rhythm.* 2014;11(9):1619-25.
6. Kiehl EL, Makki T, Kumar R, Gumber D, Kwon DH, Rickard JW, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy in patients with complete atrioventricular block and preserved left ventricular systolic function. *Heart Rhythm.* 2016;13(12):2272-8.
7. Sharma PS, Dandamudi G, Naperkowski A, Oren JW, Storm RH, Ellenbogen KA, et al. Permanent His-bundle pacing is feasible, safe, and superior to right ventricular pacing in routine clinical practice. *Heart Rhythm.* 2015;12:305-12.
8. Abdelrahman M, Subzposh FA, Beer D, Durr B, Naperkowski A, Sun H, et al. Clinical outcomes of His bundle pacing compared to right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71:2319-30.
9. Bhatt AG, Musat DL, Milstein N, Pimienta J, Flynn L, Sichrovsky T, et al. The efficacy of His bundle pacing: Lessons learned from implementation for the first time at an experienced electrophysiology center. *JACC Clin Electrophysiol.* 2018;4:1397-406.
10. Vijayaraman P, Dandamudi G, Zanon F, Parikh S, Roderick Tung, Weijian Huang, et al. Permanent His bundle pacing (HBP): Recommendations from International HBP Collaborative Group for standardization of definitions, implant measurements and follow-up. *Heart Rhythm.* 2018;15:460-8.
11. Vijayaraman P, Naperkowski A, Subzposh FA, Abdelrahman M, Sharma PS, Oren JW, et al. Permanent His bundle pacing: Long-term lead performance and clinical outcomes. *Heart Rhythm.* 2018;15:696-702.
12. Vijayaraman P, Naperkowski A, Ellenbogen KA, Dandamudi G. Permanent His bundle pacing in advanced AV block. *Electrophysiological insights into site of AV block.* *JACC Clin Electrophysiol.* 2015;1:571-81.
13. Vijayaraman P, Subzposh FA, Naperkowski A, Panikkath R, John K, Mascarenhas V, Bauch TD, et al. Prospective evaluation of feasibility and electrophysiologic and echocardiographic characteristics of left bundle branch area pacing. *Heart Rhythm.* 2019;16:1774-82.
14. Hua W, Fan X, Li X, Niu H, Gu M, Ning X, et al. Comparison of left bundle branch and His bundle pacing in bradycardia patients. *JACC Clin Electrophysiol.* 2020;6(10):1291-9.
15. Li X, Li H, Ma W, Ning X, Liang E, Pang K, et al. Permanent left bundle branch area pacing for atrioventricular block: Feasibility, safety, and acute effect. *Heart Rhythm.* 2019;16:1766-73.
16. Wu S, Su L, Vijayaraman P, Zheng R, Cai M, Xu L, et al. Left bundle branch pacing for cardiac resynchronization therapy: Nonrandomized on-treatment comparison with His bundle pacing and biventricular pacing. *Can J Cardiol.* 2021;37(2):319-28.
17. 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.

18. Huang W, Chen X, Su L, Wu S, Xia X, Vijayaraman P. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing. *Heart Rhythm*. 2019;16(12):1791-6.
19. Chen X, Wu S, Su L. The characteristics of the electrocardiogram and the intracardiac electrogram in left bundle branch pacing. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2019;30:1096-101.
20. Zhang J, Wang Z, Cheng L, Zu L, Liang Z, Hang F, et al. Immediate clinical outcomes of left bundle branch area pacing vs. conventional right ventricular pacing. *Clinical Cardiology*. 2019;42:768-73.
21. Vijayaraman P, Ponnusamy S, Cano Ó, Sharma PS, Naperkowski A, Subspoush FA, et al. Left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy: Results from the International LBBAP Collaborative Study Group. *JACC Clin Electrophysiol*. 2021;7(2):135-47.
22. Zhang W, Huang J, Qi Y, Wang F, Guo L, Shi X, et al. Cardiac resynchronization therapy by left bundle branch area pacing in heart failure patients with left bundle branch block. *Heart Rhythm*. 2019;16(12):1783-90.
23. Heggermont W, Auricchio A, Vanderheyden M. Biomarkers to predict the response to cardiac resynchronization therapy. *Europace*. 2019;21(11):1609-20.