

Estimulación biventricular en la insuficiencia cardiaca. Técnicas de implantación.

Dres. Jorge Silvestre García, Ángel Aroca, Ulises Ramírez, Gustavo Brochet.
Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Universitario La Paz. Madrid



Jorge Silvestre García

INTRODUCCIÓN

Desde que Bakker y Cols. evaluaron la estimulación biventricular (EBV) permanente para mejorar la función ventricular en pacientes con insuficiencia cardíaca congestiva refractaria al tratamiento médico y bloqueo de la conducción intraventricular (bloqueo completo de rama izquierda), con o sin indicación convencional de estimulación cardíaca permanente, diversas publicaciones de diferentes grupos han estudiado los beneficios de la estimulación biventricular en la insuficiencia cardíaca^{2,3,4,5,6,7}.

En estos pacientes, el problema clave reside en cómo estimular permanentemente el ventrículo izquierdo (VI). Inicialmente para la EBV se usaron cables epicárdicos implantados en VI, por toracotomía o toracoscopia, técnicas asociadas a un alto riesgo de complicaciones peri y postoperatorias, e incluso mortalidad, derivada de la extremadamente precaria situación clínica de los pacientes. A esto, también se une la frecuente obtención de umbrales agudos de estimulación de VI elevados, con riesgo ulterior de pérdidas de captura.

Estas limitaciones inclinaron a intentar la estimulación epicárdica ventricular izquierda, por medio de una vía de implantación transvenosa a través del seno coronario (SC), con cable insertado selectivamente en las venas coronarias (VC) de la pared libre del VI.

El objetivo de este trabajo es describir las diferentes técnicas de implantación de cables en las VC, las cuales variarán en función de los distintos modelos de cables utilizados.

MATERIAL Y MÉTODO. SELECCIÓN DE PACIENTES

Se utilizó la EBV en pacientes con Miocardiopatía Dilatada que cumplieran los siguientes criterios: 1) Insuficiencia cardíaca crónica y severa (clase III-IV de la NYHA) al menos desde 6 meses antes; 2) Intolerancia o escasa respuesta al tratamiento médico estándar (inhibidores de la ECA, diuréticos, digoxina, etc); 3) Disfunción sistólica severa de VI, con fracción de eyección de VI (FEVI) menor del 35% y diámetro

telediastólico de VI mayor de 60 mm en el ecocardiograma; 4) Trastorno de la conducción intraventricular (duración del QRS mayor de 150 milisegundos); 5) Consentimiento informado del paciente para participar en el estudio.

Se incluyeron en el estudio 7 pacientes, 6 varones y 1 mujer. En la tabla I se muestran los datos clínicos de los mismos, tales como edad, sexo, etiología, clase funcional, FEVI, amplitud del QRS y modo de estimulación empleado.

TIPOS DE CABLES

Se utilizaron tres diferentes modelos de cables transvenosos, diseñados específicamente para la implantación en el SC:

Cable bipolar, de fijación pasiva sin patillas distales, modelo Medtronic 2188, de 65 cm de longitud, inicialmente diseñado para su implantación en la estimulación permanente de aurícula izquierda (AI) vía SC. La característica principal de este cable es la configuración de su porción distal con un acodamiento preformado de 45 grados para facilitar el abordaje al SC. El electrodo distal, hemisférico poroso, está igualmente preformado con una angulación de 45 grados para que realice contacto con la pared de la VC y por ende, con el epicardio. El cuerpo del cable es de 6 French (F) y precisa un introductor de 10.5 F (figura 1).

Cable monopolar, de fijación pasiva sin patillas distales, modelo Medtronic 2187, de 75 cm de longitud, diseñado específicamente para su implantación en las VC distales. La característica principal de este cable es la configuración curva de su porción distal y electrodo distal hemisférico poroso. El cuerpo del cable es de 6 F y la parte distal de 5 F y requiere un introductor de 7 F (figura 2).

Cable unipolar monorail, de fijación pasiva sin patillas distales, modelo Medtronic 10512 (actualmente en evaluación clínica), de 75 cm de longitud, diseñado específicamente para su implantación en las VC distales. La característica principal de este cable es su configuración recta y electrodo distal en anillo poroso, al que se ha incorporado un pequeño orificio a modo de punto de mira

Tabla I.
Datos clínicos de los pacientes.

Paciente n°	edad (años)	sexo	Etiología	CF NYHA	FEVI (%)	QRS (ms)	Modo estimulación
1	62	V	Idiopática	IV	11	155	DDDR-BV
2	77	H	Idiopática	IV	23	160	DDDR-BV
3	68	V	Idiopática	IV	20	150	
4	69	V	Idiopática	IV	26	150	DDDR-BV
5	68	V	Valvular + Isquémica	IV	19	160	VVIR-BV
6	71	V	Valvular + Isquémica	IV	20	180	DDDR-BV
7	73	V	Idiopática	IV	12	220	DDDR-BV

Abreviaturas: V: varón; H: mujer; DDDR-BV: EBV sincronizada a la aurícula; VVIR-BV: EBV aislada (paciente en FA crónica). Al paciente n° 3 no se consiguió implantar el electrodo de SC.

de fusil para que, a través de él, se pueda introducir una guía fina, que se implanta previamente en la VC elegida. Una vez cateterizada dicha VC con ésta guía, se deslizará, a su través el cable, lo que facilita la implantación en la zona distal de la VC seleccionada. El cuerpo del cable es de 4 F y el electrodo distal de 4.5 F, el introductor utilizará deberá ser de 6 F (figura 3).

TÉCNICA DE IMPLANTACIÓN

En todos los casos se utilizó la vía endovenosa por punción percutánea de la vena subclavia derecha. Previamente o al inicio del procedimiento se realizó una venografía del SC, para determinar la anatomía del mismo y seleccionar la VC distal inicialmente mas apropiada.

En los primeros casos se utilizó un introductor convencional de 10.5 F, avanzando el cable directamente en el SC para

posteriormente progresarlo, de forma selectiva, a la VC lateral. En los casos iniciales se utilizó el cable M 2187 por ser de escaso calibre fino y estar diseñado específicamente para este fin. Cuando no fue posible progresar este cable monopolar, se trató de implantar el cable M 2188 bipolar que, por su mayor rigidez y cuerpo más grueso, permite aplicar más presión y realizar giros más pronunciados para conseguir su penetración en la VC distal.

La dificultad para la implantación de estos dos cables radica en los bucles que forman en la AD al intentar progresarlos, así como el efecto adverso de los giros realizados que, en ocasiones, al proceder a retirar la guía, provocan el desplazamiento del cable fuera del SC.

En los tres últimos pacientes se utilizó un sistema de introductor-dilatador de cable, valvulado específico para la cana-

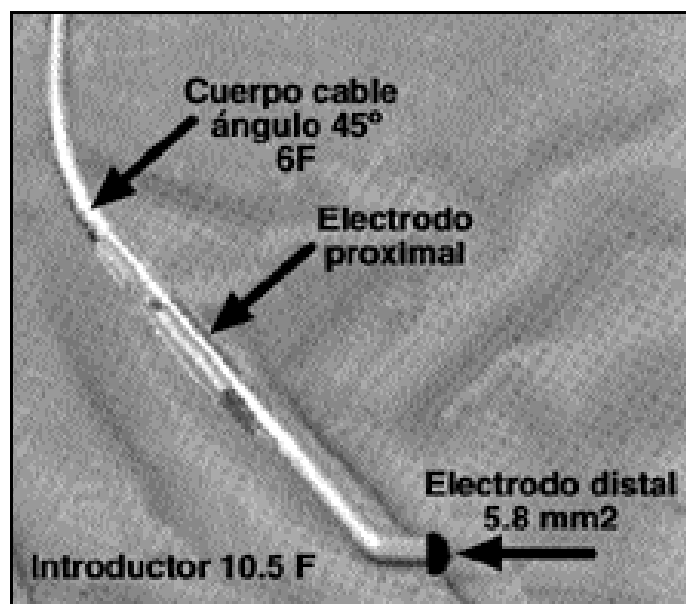


Figura 1. Cable-Electrodo bipolar, específico para implantación en aurícula izquierda, modelo Medtronic 2188.

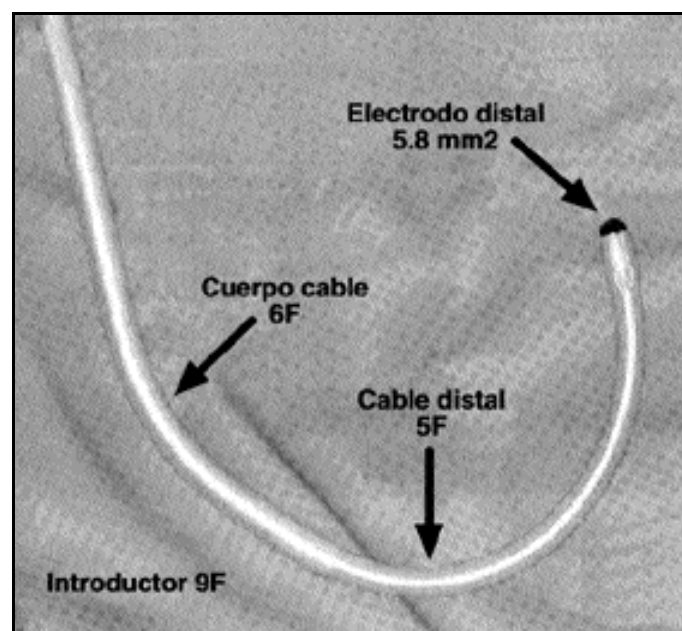


Figura 2. Cable-Electrodo unipolar, específico para implantación en venas coronarias izquierdas, modelo Medtronic 2187.

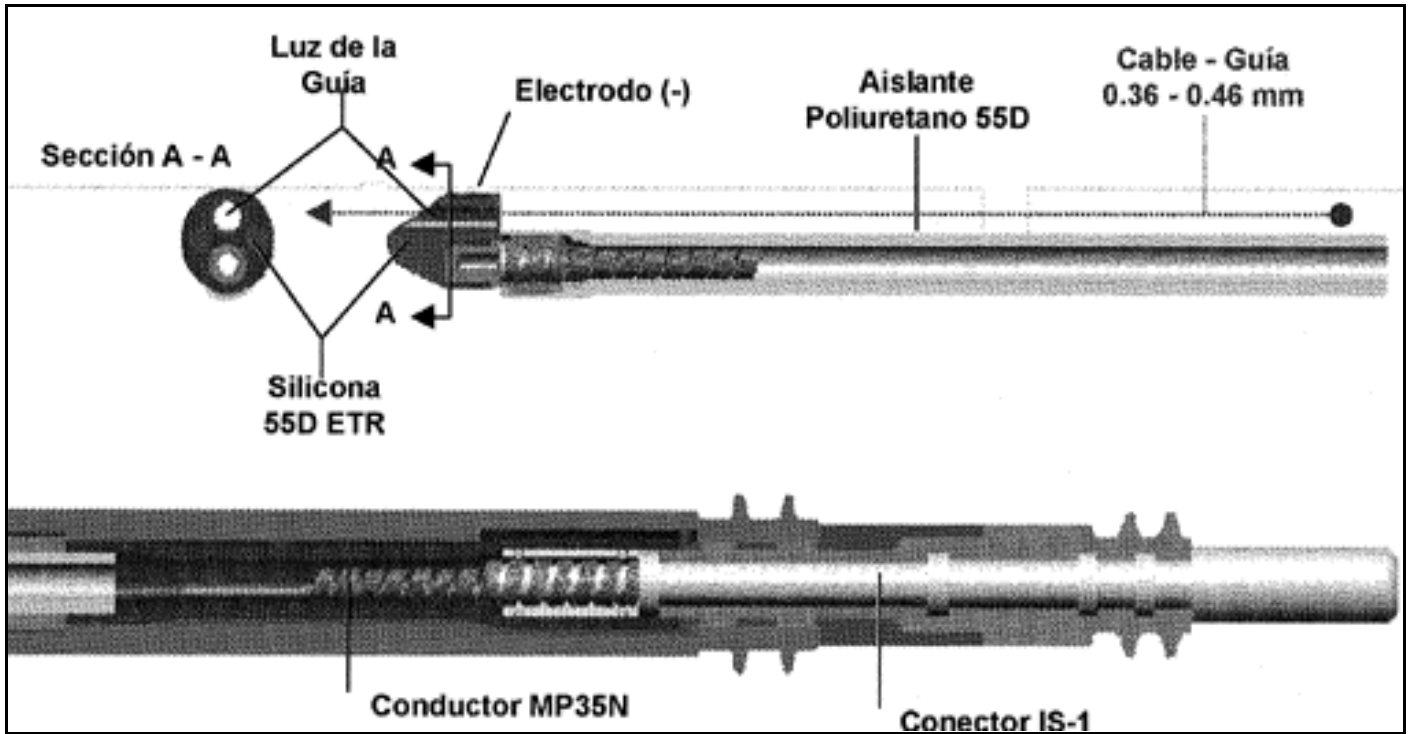


Figura 3. Cable-Electrodo unipolar, específico para implantación en venas coronarias izquierdas, modelo Medtronic 10512 monorail.

lización del SC, modelo Medtronic Attain LDS 6216 de 9F, que dispone, además, de un catéter-balón para realizar la angiografía del SC, modelo Medtronic 6215 (figura 4).

Este sistema facilita, en gran medida la cateterización del SC y, el hecho de dejar el introductor de SC abocado al ostium del mismo, permite maniobrar con mayor facilidad el cable de SC para ubicarlo en la zona distal de la VC seleccionada.

En estos últimos paciente se utilizó el introductor de SC con la misma técnica, implantando un cable monorail M 10512. Una vez realizada la venografía del SC se introdujo la guía fina,

progresándola hasta la zona distal de la VC posterolateral y a continuación se deslizó, a través de ella, el cable. Las maniobras de implantación resultan más sencillas con este cable que con los anteriores, reduciendo considerablemente el tiempo de implantación y de escopia. En estos casos, el cable no se implantó en la VC lateral por considerarse esta ubicación inadecuada dado que no se obtuvo una reducción suficiente del QRS, que asegurara un resultado hemodinámico eficaz de la EBV.

En todos los pacientes el cable se progresó hasta la zona más distal de la vena, generalmente 2 centímetros mas allá, del ostium de la VC, y se consideró la zona de ubicación adecuada cuando reunía buenas condiciones de estabilidad (estabilidad con maniobras respiratorias profundas), umbral agudo de estimulación menor de 3 voltios y umbral de detección, con amplitud de la onda R mayor de 4 milivoltios.

En aurícula derecha (AD) se implantó un cable bipolar recto convencional de fijación pasiva con patillas. En ventrículo derecho (VD) se implantó un cable convencional de fijación pasiva con patillas. La polaridad del cable de VD dependió de la polaridad del cable implantado en VI, bipolar cuando se utilizó un cable monopolar en VI y monopolar cuando el cable de VI fue bipolar, para de este modo poder establecer una polaridad cruzada en el sistema de EBV.

La técnica utilizada para la implantación de estos cables en AD y VD fue la convencional, mediante punción independiente de vena subclavia derecha, en todos los casos.

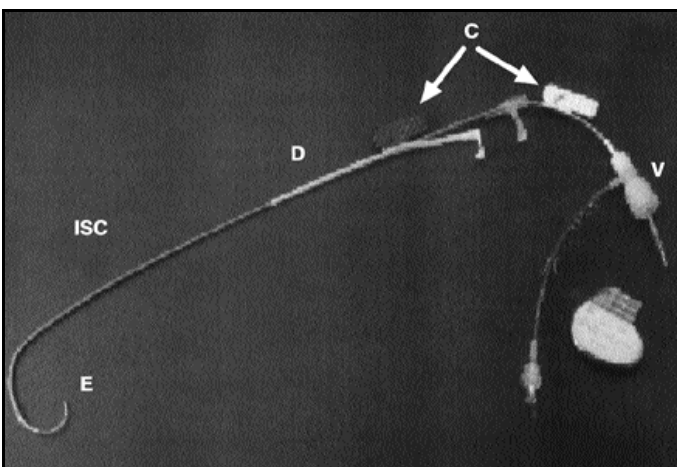


Figura 4. Introductor-Dilatador de cable-electrodo, diseñado para canalización del seno coronario, modelo Medtronic Attain LDS 6216, de 9F. D: dilatador venoso; C: cuchilla para rasgar y extraer el dilatador venoso; ISC: introductor de seno coronario; V: dispositivo valvulado para aplicar al extremo proximal del dilatador del seno coronario; E: electrodo.

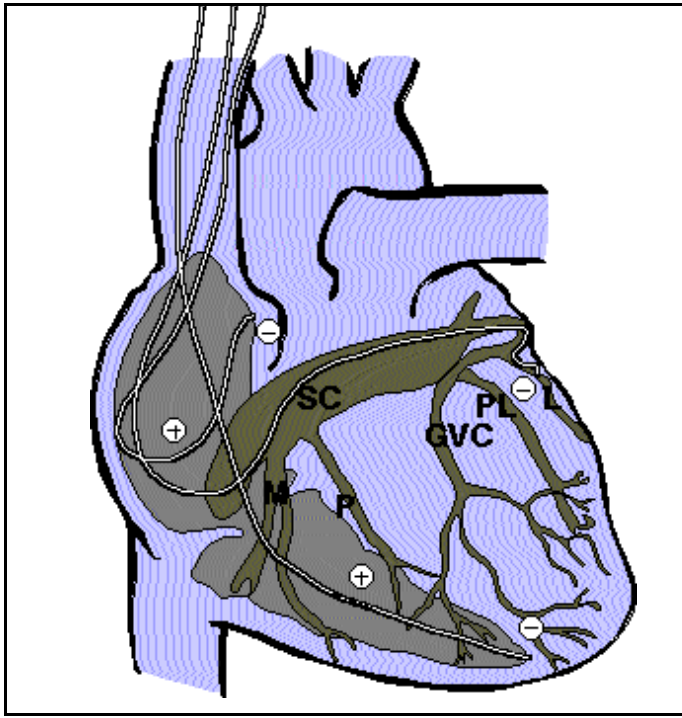


Figura 5. Esquema de la distribución del sistema venoso coronario. SC: seno coronario; L: vena coronaria lateral (marginal); PL: vena coronaria posterolateral; M: vena coronaria media; GVC: gran vena coronaria.

MEDIDA DE UMBRALES DE ESTIMULACIÓN Y DE DETECCIÓN

Durante el procedimiento de implantación las medidas se realizaron en configuración unipolar o bipolar dependiendo de la polaridad del cable de AD, VD o VI utilizado.

La medida del umbral de estimulación se realizó para una duración de impulso de 0.5 milisegundos, la impedancia de los cables se midió para una amplitud de 5 voltios y la amplitud de las ondas P y R se determinó en milivoltios.

GENERADORES

En todos los casos se utilizó un generador doble cámara Medtronic modelo InSync 8040 especialmente diseñado para la EBV sincronizada a la aurícula, con un bloque

conector único, provisto de tres salidas para los cables de las tres cámaras (AD, VD y VI). En los pacientes en fibrilación auricular se utilizó el mismo generador pero anulando la conexión auricular por medio de un tapón.

RESULTADOS

Implantación

El cable del SC se implantó con éxito en una VC distal de VI en 6 de los 7 pacientes (86%). En un caso no se pudo cateterizar una VC distal, debido a que la morfología del SC, mostraba una acodadura que imposibilitó la progresión del electrodo a una VC. A un paciente con infarto anterior se le implantó el electrodo en la VC lateral, lugar donde el tiempo de activación de VI resultaba muy precoz, por lo que dicho cable se recolocó a la VC posterolateral, donde las secuencias de activación VD - VI eran adecuadas.

En la tabla II se muestra el tipo de introductor-dilatador utilizado para la implantación, tipos de cable utilizados, tipo de cable implantado, VC en la que se implantó, umbrales agudos de estimulación, amplitud de la onda R de VI e impedancia del cable de VI, que no difieren de los obtenidos por otros autores con series mas amplias.

En la figura 5 se muestra un esquema de la distribución de los vasos del SC y en las figuras 6 y 7 se representan venografías del SC e imágenes de la escopia preoperatoria durante la implantación de los cables.

Consideramos de primordial importancia el registro intracavitario de los electrogramas (EGM) de VI y de VD. Mientras que el EGM del electrodo de VI debe ser lo más tardío posible, el EGM del VD deberá ser muy precoz (figura 8 y 9) y el retraso del EGM VI respecto al EGM VD no deberá ser inferior a 100 milisegundos, (idealmente 140 ms), para de este modo conseguir una reducción o acortamiento adecuado del QRS con la EBV.



Figura 6. Radiografía de tórax en proyección antero-posterior. Venografías del seno coronario. (Imágenes cedidas por D. Gras M.D.)

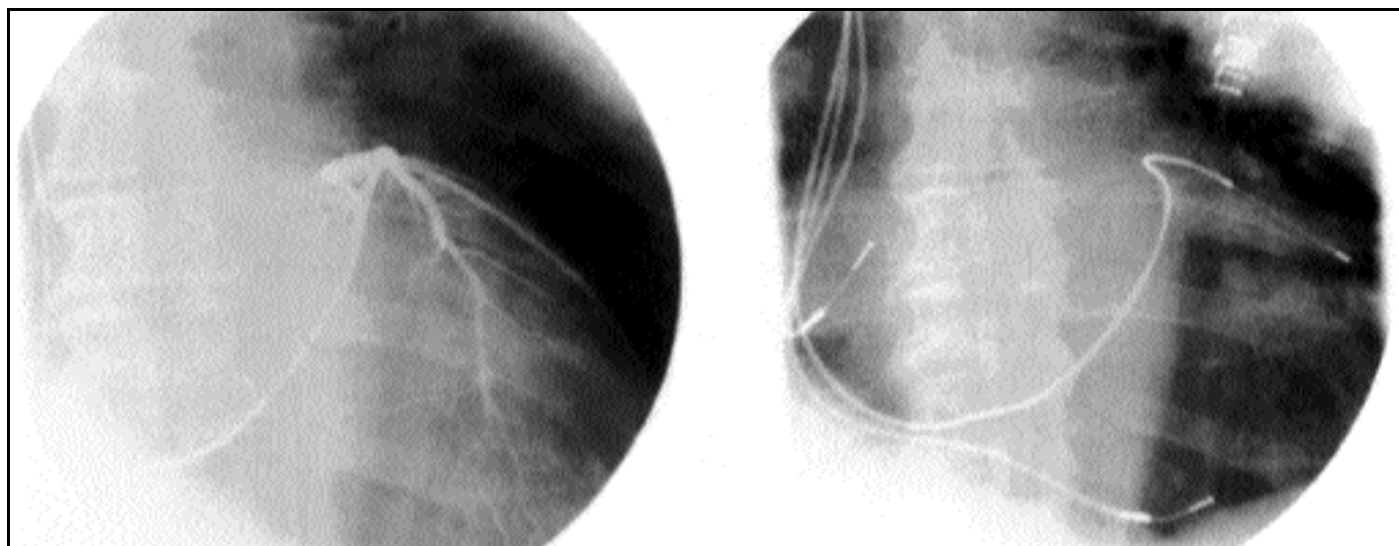


Figura 7. Radiografías de tórax en proyección antero-posterior en un mismo paciente. A: venografía distal del seno coronario. B: Rx de marcapasos tricameral implantado, en la que pueden apreciarse los electrodos ubicados en orejuela de aurícula derecha, ápex de ventrículo derecho y vena coronaria lateral.

Seguimiento de los cables

No se produjeron desplazamiento de los cables alojados en el seno coronario, para estimulación del VI.

Durante el seguimiento se midieron los umbrales de estimulación y la amplitud de la onda R, vía telemetría del marcapasos, en configuración unipolar distal, a las 24 horas, 10 días y 1, 3, 6, 9 y 12 meses después de la implantación.

Los resultados de los umbrales de estimulación de VI, la amplitud de la onda R y la impedancia de los cables de VI al año de seguimiento se muestran en la tabla III.

Un paciente falleció al año de seguimiento por progresión de la enfermedad (paciente nº 4) y otro a los 10 días de la implantación por fibrilación ventricular. No hubo complicaciones relacionadas con el sistema de estimulación (cables o generador), ni con disfunción del sistema.

DISCUSIÓN

En nuestra experiencia es posible establecer, de forma segura, la estimulación epicárdica de VI por medio de las técnicas descritas de implantación de cables transvenosos a través del SC. Actualmente la técnica de implantación puede parecer compleja, pero el diseño de nuevos cables específicos para su implanta-

Tabla II. Datos de implantación.

Paciente nº	Introduccion	Cables utilizados	Cable implantado	VC	Umbral (V) estimulación	Amplitud onda R (mV)	Impedancia (Ohms)
1	C	M 2187	M 2187	L	1.3	12.0	831
		M 2188					
2	C	M 2187	M 2187	L	2.3	25.0	784
3	C	M 2187 M 2188	-	-	-	-	-
4	C	M 2187	M 2187	L	0.8	12.4	1021
5	SC	M 2187	M 2187	L	0.7	8.5	725
6	SC	M10512	M10512	L*	1,8	8,2	675
				PL	0,5	16,2	775
7	SC	M10512	M10512	PL	0,7	6,7	613

Abreviaturas: C: Introduccion-dilatador convencional. SC: Introduccion-dilatador específico para SC. L: VC Lateral. PL: VC Posterolateral. * El electrodo de VI se implantó en primer lugar en la VC lateral y aunque los umbrales fueron adecuados, el EGM ventricular era demasiado precoz, no obteniéndose una reducción del QRS con la EBV, debido a que estaba próxima una zona de infarto residual, por lo que se repositonó a la VC posterolateral.

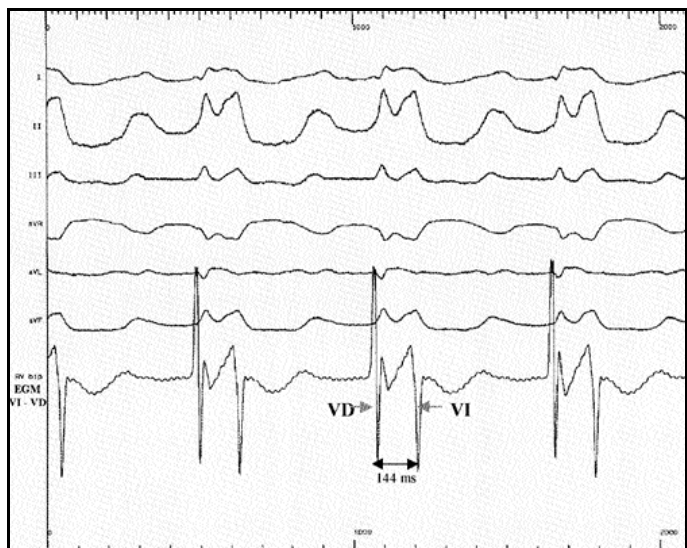


Figura 8. Paciente 6; derivaciones bipolares de ECG y registro endocavitario bipolar entre los electrodos situados en ápex de VD y pared de VI en la vena coronaria posterolateral de un marcapasos tricameral. (100 mm/seg). La duración del QRS midió 210 milisegundos. En el mapeo endocárdico, usando los cables implantados en VD y VI, el tiempo de conducción interventricular midió 144 milisegundos. VVVD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; VD-VI EGM: monitorización de los electrogramas ventriculares.

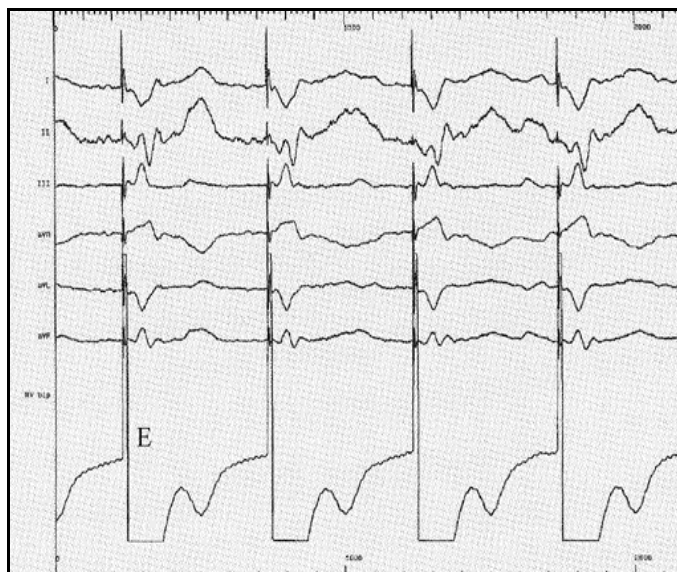


Figura 9. Mismo paciente de la figura 8: Derivaciones bipolares ECG obtenidas durante la EBV. (100 mm/seg). El QRS con EBV se acortó de 210 a 125 milisegundos. EBV: estimulación biventricular con cables situados en ápex de VD y pared de VI en la vena coronaria posterolateral de un marcapasos tricameral; E: artefacto correspondiente a la espiga de descarga del marcapasos a nivel biventricular.

ción en las VC izquierdas a través del SC, y el oportuno entrenamiento en dicha técnica permitirá reducir los tiempos empleados en este procedimiento así como el uso de la radioscopia.

Los resultados de autores con series mas numerosas¹⁴ también señalan que la experiencia en la implantación y la evolución tecnológica de los cables, con diseños específicos para este fin, ha mejorado sensiblemente el éxito en las implantaciones (de un 53.3 a un 81.8%) y ha disminuido sensiblemente el tiempo de fluoroscopia y del procedimiento quirúrgico para su implantación.

Se considera que la zona óptima de estimulación del VI es aquella en la que la activación del VI es mas tardía, y debe ser determinada de forma individual, en cada paciente. De acuerdo con los estudios de mapeo endocárdico en corazo-

nes normales y enfermos, se sabe que esta zona es la base posteroinferior o posterolateral del VI en la mayoría de los pacientes, a excepción de aquellos que presentan cicatrices de infarto de miocardio anterior, en los que la localización de la zona de activación más tardía del VI es muy variable, por lo que especialmente en estos pacientes se aconseja mapeo intraoperatorio del SC para localizar la zona de detección del electrograma ventricular más tardío y posteriormente cateterizar selectivamente la vena del VI mas próxima.

Considerando las variaciones anatómicas en cada paciente y la variable morfología del sistema venoso coronario, la práctica de una venografía selectiva del SC, bien preoperatoria o durante el mismo procedimiento de implantación, puede ayudar en gran medida a identificar y seleccionar la VC izquierda más adecuada, al definir el trayecto a seguir para

Tabla III.

Evolución de los umbrales de estimulación amplitud de onda R e impedancia del cable de VI al año de seguimiento.

Paciente nº	UMBRALES EN IMPLANTACIÓN			UMBRALES AL AÑO DE SEGUIMIENTO		
	Umbral estimulación	Amplitud onda R (mV)	Impedancia (Ohms)	Umbral Estimulación (V)	Amplitud onda R (mV)	Impedancia (Ohms)
1	1.3	12.0	831	1.0	9.0	488
2	2.3	25.0	784	2.5	20.0	652
4	0.8	12.4	1021	1.5	10.2	875
5	0.7	8.5	725		2 meses de seguimiento	
6	0.5	16.2	775		1 mes de seguimiento	
7	0.7	6.7	613		Éxitos a los 10 días	

obtener una correcta implantación y con ello, reducir el riesgo de complicaciones. En general y de acuerdo con la anatomía del SC y sus ramas, será de elección la VC lateral y, si esta no tuviera unas características anatómicas adecuadas o eléctricamente idóneas, se suele elegir la VC posterolateral o la VC posterior.

CONCLUSIONES

La experiencia personal expuesta y la aportada por otros grupos con series más amplias demuestra la posibilidad de estimular de forma permanente el VI a través de electrodos implantados por vía transvenosa en las VC. Con técnicas de implantación adecuadas y una experiencia adecuada, puede conseguirse la implantación en la práctica totalidad de los pacientes (> 85%).

La estimulación epicárdica del VI a través de las venas coronarias constituye un método seguro cuya técnica se simplificará con el desarrollo de cables específicos para este fin, lo que incrementará la práctica de la estimulación biventricular en un futuro próximo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bakker P, Meijburg H, De Jonge N, Van Mechelen R, Witkamp F, Mower M, Thomas A. Beneficial effects of biventricular pacing in congestive heart failure. *PACE* 1994;17:820.
2. Cazeau S, Ritter P, Bakdach S, Lazarus M, Limousin M, Henao L, Mundler O, Daubert JC, Mugica J. Four chamber pacing in dilated cardiomyopathy. *PACE* 1994;17(P.II):1974-1979
3. Foster AH, Gold MR, Mc Laughlin JS. Hemodynamic effects of atrio-biventricular pacing in humans. *Ann Thorac Surg* 1995;59:294-300.
4. Auricchio A and Salo RW. Acute hemodynamic improvement by pacing in patients with severe congestive heart failure. *PACE* 1997;20(P.I):313-324.
5. Blanc JJ, Etienne Y, Gilard M, Mansourati J, Munier S, Boschhat J, Benditt D, Lurie K. Evaluation of different ventricular pacing sites in patients with severe heart failure. Results of an acute hemodynamic study. *Circulation* 1997;96:3272-3277.
6. Gras D, Mabo P, Tang T, Luttikuis O, Chatoor R, Pedersen AK, Tscheliessnigg HH, Deharo JC, Pugnisi A, Silvestre J, Kimber S, Ross H, Ravazzi A, Paul V, Skehan. Multisite pacing as a supplemental treatment of congestive heart failure: Preliminary results. *PACE* 1998;21(P.II):2249-2255.
7. Fei L, Wroblewski D, Groh W, Vetter A, Duffin EG, Zipes DP. Affects of multi-site ventricular pacing on cardiac function in normal dogs and dogs with heart failure. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999;10:935-946.
8. Ritter P, Backdach M, Bourgeois Y, Lazarus A, Cazeau S, Mugica J. Implanting techniques for definitive left ventricular pacing. *PACE* 1996;19:698.
9. Daubert C, Ritter P, Cazeau S, Gras D, Lazarus A, Mabo P. Permanent biventricular pacing in dilated cardiomyopathy: Is a totally transvenous approach technically feasible?. *PACE* 1996;19:699.
10. Daubert C, Gras D, Ritter P, laclercq C, Baisset JM, Mabo P. Experience with a new coronary sinus lead specifically designed for permanent left atrial pacing. *PACE* 1995;18:825.
11. Daubert C, Ritter P, Gras D, Pavin D, Cazeau S, Mabo P. Use of specifically designed coronary sinus leads for permanent left ventricular pacing: preliminary experience. *PACE* 1997;20(P.II):17.
12. Lurie K, Benditt D, Samiah N, Blanc JJ. A transvenous "Long Guiding Sheath" technique for permanent left ventricular pacing lead implantation in patients with heart failure. *Circulation* 1998;17:1-841
13. Daubert JC, Ritter P, Le Breton H, Gras D, Leclercq C, Lazarus A, Mugica J, Mabo P, Cazeau S. Permanent left ventricular pacing with transvenous leads inserted into the coronary veins. *PACE* 1998;21(P.II):239-245.
14. Gilard M, Etienne Y, Mansourati J, Jobic Y, Boschhat J, Blanc JJ. Angiographic anatomy of coronary sinus and tributaries. *Arch Mal Coeur* 1998;91(III):244.
15. Hatala R, Savard P, Tremblay G, Page P, Cardinal R, Molin F, Kus T, Nadeau R. Three different patterns of ventricular activation in infarcted human hearts. An intraoperative cardiac mapping study during sinus rhythm. *Circulation* 1995;1:1480-1494.
16. Daubert JC, Leclercq C, Pavin D, Mabo P. Pacing therapy in congestive heart failure: Present status and new perspectives. *De Recent advances in cardiac pacing: Goals for the 21st Century, Vol4*. Ed. By S. Serge Barold and Jacques Mugica, Armonk, NY, Futura Publishing Co., © 1998:51-80.