

Implante de electrodos epicárdicos en el ventrículo izquierdo para resincronización mediante cirugía mínimamente invasiva asistida por videotoracoscopia

Ángel L. Fernández^a, José B. García-Bengochea^a, Ramiro Ledo^b, Marino Vega^c, Antonio Amaro^c, Julián Álvarez^d, José Rubio^a, Juan Sierra^a y Daniel Sánchez^a

^aServicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela. A Coruña.

^bServicio de Cirugía Torácica. Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela. A Coruña.

^cServicio de Cardiología. Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela. A Coruña.

^dServicio de Anestesiología. Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela. A Coruña. España.

Introducción y objetivos. La resincronización cardíaca mediante estimulación ventricular izquierda o biventricular es una alternativa en pacientes seleccionados con disfunción sistólica y complejo QRS ensanchado. El implante del electrodo en una vena coronaria es la técnica habitual para estimular el ventrículo izquierdo y conlleva un índice de fracasos próximo al 8%. Se describe la experiencia inicial con el implante de electrodos epicárdicos en el ventrículo izquierdo mediante cirugía mínimamente invasiva asistida por videotoracoscopia.

Pacientes y método. Se intervino a 14 pacientes con insuficiencia cardíaca en clase funcional de la NYHA de $3,2 \pm 0,6$, fracción de eyección del $22,9 \pm 6,8\%$, bloqueo de rama izquierda, complejo QRS >140 ms y movimiento septal anómalo. Bajo anestesia general y mediante videotoracoscopia se implantó un electrodo epicárdico en la pared libre del ventrículo izquierdo.

Resultados. En 13 pacientes, el implante del electrodo se realizó con éxito, y fue necesario reconvertir uno de los casos a minitoracotomía. El umbral de estimulación intraoperatorio fue de $1,21 \pm 0,9$ V a 0,5 ms. No se observaron complicaciones perioperatorias. Todos los pacientes fueron extubados en el quirófano y no hubo mortalidad hospitalaria. En el seguimiento se ha constatado mejoría del sincronismo mecánico ventricular, así como del estado clínico y de la función sistólica.

Conclusiones. La colocación de electrodos epicárdicos en el ventrículo izquierdo mediante cirugía mínimamente invasiva asistida por videotoracoscopia en pacientes seleccionados es un procedimiento seguro que permite escoger el lugar más adecuado para el implante y proporciona un estímulo eficaz a corto-medio plazo.

Palabras clave: *Insuficiencia cardíaca. Resincronización. Cirugía. Videotoracoscopia. Electrodo epicárdico.*

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 279-82

Correspondencia: Dr. A.L. Fernández.
Servicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Clínico Universitario.
Travesía Choupana, s/n. 15706 Santiago de Compostela. A Coruña. España.
Correo electrónico: alfg@secardiologia.es

Recibido el 1 de diciembre de 2003.
Aceptado para su publicación el 23 de febrero de 2004.

Minimally Invasive Surgical Implantation of Left Ventricular Epicardial Leads for Ventricular Resynchronization Using Video-Assisted Thoracoscopy

Background and objectives. Cardiac resynchronization via left ventricular or biventricular pacing is an option for selected patients with ventricular systolic dysfunction and widened QRS complex. Stimulation through a coronary vein is the technique of choice for left ventricular pacing, but this approach results in a failure rate of approximately 8%. We describe our initial experience with minimally invasive surgical implantation of left ventricular epicardial leads using video-assisted thoracoscopy.

Patients and method. A total of 14 patients with congestive heart failure, NYHA functional class 3.2 (0.6) and mean ejection fraction 22.9 (6.8)% were included in this study. Left bundle branch block, QRS complex >140 ms and abnormal septal motion were observed in all cases. Epicardial leads were implanted on the left ventricular free wall under general anesthesia using video-assisted thoracoscopic surgery.

Results. Lead implantation was successful in 13 patients. Conversion to a small thoracotomy was necessary in one patient. All patients were extubated in the operating room. None of the patients died during their hospital stay. Follow-up showed reversal of ventricular asynchrony and significant improvement in ejection fraction and functional class.

Conclusions. Minimally invasive surgery for ventricular resynchronization using video-assisted thoracoscopy in selected patients is a safe procedure that makes it possible to choose the best site for lead implantation and provides adequate short- and medium-term stimulation.

Key words: *Heart failure. Cardiac resynchronization. Surgery. Video-assisted thoracoscopy. Epicardial lead.*

Full English text available at: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

Se ha observado que cerca del 30% de los pacientes con insuficiencia cardíaca presenta trastornos de la conducción intraventricular que determinan una pérdi-

da de la sincronía mecánica ventricular¹. La desincronización ventricular condiciona un retraso de la contracción de la pared libre del ventrículo izquierdo con respecto al septo, lo que se traduce en una utilización deficiente de la energía generada por el corazón y un trastorno de la función sistólica y diastólica^{2,3}.

La estimulación ventricular izquierda sola o asociada a la ventricular derecha permite recuperar la sincronía mecánica entre el septo y la pared libre⁴⁻⁶. Estudios multicéntricos han descrito que aproximadamente en el 70% de los pacientes sometidos a este procedimiento se observa mejoría clínica, mientras que en el resto no hay cambios significativos^{7,8}.

La resincronización proporciona, en pacientes seleccionados con insuficiencia cardíaca y trastornos de la conducción intraventricular, una mejoría en la clase funcional, en la tolerancia al ejercicio y en la función ventricular⁷⁻¹⁰, así como una reducción de los volúmenes ventriculares y de la insuficiencia mitral^{11,12}.

El método habitualmente utilizado para la estimulación del ventrículo izquierdo es la colocación percutánea de un electrodo en una de las venas epicárdicas del corazón. Se trata de un procedimiento técnicamente laborioso con larga curva de aprendizaje que comporta una tasa de fracasos próxima al 8%^{7,8}. Por este motivo, han cobrado interés técnicas alternativas, como el implante de electrodos epicárdicos en el ventrículo izquierdo a través de una minitoracotomía^{13,14} o utilizando videotoroscopia con o sin soporte robótico¹⁵⁻¹⁷. Hasta el momento no se han publicado series que traten específicamente sobre el fundamento, la técnica y los resultados del abordaje mediante videotoroscopia, por lo que el propósito de este trabajo es presentar nuestra experiencia con este procedimiento.

PACIENTES Y MÉTODO

Se ha incluido en el estudio a un total de 14 pacientes consecutivos con insuficiencia cardíaca avanzada y complejo QRS prolongado, intervenidos mediante videotoroscopia de implante de electrodo epicárdico en ventrículo izquierdo para resincronización cardíaca entre enero de 2001 y julio de 2003. Los pacientes fueron remitidos para videotoroscopia sin previo intento de implante por vía intravenosa.

Los criterios para indicar la intervención incluyeron: insuficiencia cardíaca sintomática a pesar de tratamiento médico óptimo, bloqueo de la rama izquierda del haz de His y complejo QRS > 140 ms, fracción de eyección del ventrículo izquierdo < 35% y presencia de movimiento septal anómalo. La cirugía cardíaca o la toracotomía izquierda previa, así como la cardiopatía isquémica con infarto transmural extenso, fueron consideradas contraindicaciones para el procedimiento.

El rango de edad de los pacientes intervenidos fue de 36-79 años. Todos los sujetos habían sido preoperatoriamente tratados con diuréticos, inhibidores de la

enzima de conversión de la angiotensina o antagonistas de los receptores de la angiotensina II, bloqueadores beta y digitálicos. Presentaban insuficiencia mitral, al menos moderada, 6 casos. En la tabla 1 se representan las características demográficas y clínicas de los sujetos incluidos en el estudio.

La intervención fue realizada en todos los casos mediante anestesia general e intubación orotraqueal con tubo de doble luz para la ventilación pulmonar selectiva. Se comprobó intraoperatoriamente mediante broncoscopia la situación del tubo endotraqueal. La monitorización incluyó electrocardiografía continua, pulsioximetría, presión venosa central, ecocardiografía transesofágica y presión arterial cruenta e incruenta. En la inducción anestésica se inició una perfusión intravenosa continua con 0,1 µg/kg/min de levosimendán sin dosis de carga, que se mantuvo hasta el alta de la unidad de reanimación.

En los 10 pacientes en ritmo sinusal se implantó un electrodo bipolar intravenoso en la aurícula derecha bajo control radioscópico del modo habitual (Mercox 53-JBP, Biotronik, Alemania). Seguidamente, el paciente fue colocado en decúbito lateral derecho a 30-60°. Una vez colocados los campos quirúrgicos, se realizaron 3 incisiones de 1-1,5 cm de longitud, a la altura del cuarto y octavo espacios intercostales izquierdos dispuestas a modo de los vértices de un triángulo. Las incisiones para introducir el trocar se situaron entre la línea axilar anterior y la posterior, si bien en los últimos pacientes intervenidos los puntos de abordaje para toracoscopia se han desplazado en sentido posterior. Se introdujo un trocar de 1,2 cm de diámetro a través de cada incisión accediendo a la cavidad torácica previo colapso del pulmón izquierdo y bajo control videotoroscópico. Uno de los orificios

TABLA 1. Características de los pacientes incluidos en el estudio

N.º de pacientes	14
Edad (años)	68,7 ± 13,9
Sexo, n (%)	
Varones	9 (64)
Mujeres	5 (36)
Etiología, n (%)	
Miocardiopatía dilatada	13 (92)
Miocardiopatía isquémica	1 (8)
Clase funcional NYHA	3,2 ± 0,6
Ritmo, n (%)	
Sinusal	10 (71)
Fibrilación auricular	4 (29)
Bloqueo de rama izquierda, n (%)	14 (100)
Duración complejo QRS (ms)	164 ± 21
FEVI (%)	22,9 ± 6,8
Movimiento septal anómalo, n (%)	14 (100)

NYHA: New York Heart Association; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

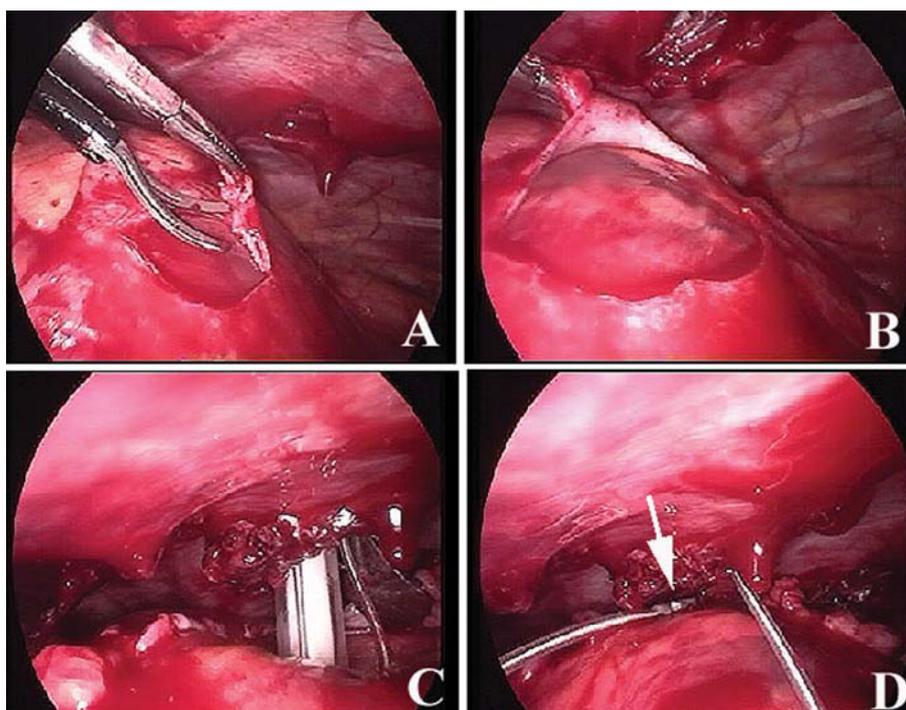


Fig. 1. Imagen intraoperatoria obtenida por videotoracoscopia. A: apertura del pericardio parietal. B: la superficie de la cara lateral del ventrículo izquierdo está expuesta. C: implante del electrodo epimiocárdico. D: una vez implantado el electrodo (flecha), se aloja un segmento en la cavidad pleural con longitud suficiente para evitar la tracción por el pulmón.

fue utilizado para introducir el toracoscopio (habitualmente, el de 30°) conectado a la fuente de luz y videocámara sintonizada con un monitor de televisión. Tras identificar el pericardio parietal y el nervio frénico, se realizó una pericardiotomía izquierda. Se resecó un fragmento de pericardio parietal de unos 2 × 4 cm. Una vez expuesta la cara lateral del ventrículo izquierdo e identificadas las arterias marginales, se procedió a implantar un electrodo unipolar epicárdico (ELC 54-UP, Biotronik, Alemania; fig. 1). Durante el implante se realizó una maniobra de Valsalva sostenida del pulmón derecho para favorecer la exposición e inmovilización de la pared ventricular. Después de realizar las mediciones de umbrales, se fijó definitivamente el extremo del electrodo y se introdujo dentro de la cavidad torácica un segmento de éste de unos 20-25 cm de longitud para evitar la tracción con la expansión pulmonar. El extremo proximal del electrodo se abocó al exterior del tórax a través del orificio de toracoscopia anterior. Seguidamente, se lo hizo avanzar, con la ayuda de una guía rígida, por el tejido celular subcutáneo hasta la región pectoral, donde se implantó un generador de marcapasos bicameral (Logos, Biotronik, Alemania), al que se conectaron los electrodos auricular y ventricular en los pacientes en ritmo sinusal. En los casos con fibrilación auricular, el electrodo ventricular fue conectado a un generador unicameral (Axios SR, Biotronik, Alemania) implantado en la zona subcostal. Finalizada la intervención, uno de los orificios de toracoscopia fue utilizado para introducir un drenaje pleural conectado

a sello de agua, que se mantuvo durante 6-18 h en el postoperatorio.

Una vez implantado el sistema de resincronización, se instauró una perfusión continua de esmolol de 30 µg/kg/min, que se ajustó para obtener una frecuencia cardíaca inferior a 70 lat/min con el fin de prevenir las taquiarritmias y evitar que el ritmo nativo compitiese con el sistema de estimulación. Posteriormente, la perfusión de esmolol fue sustituida por un bloqueador beta administrado por vía oral.

Se realizó una ecocardiografía antes del alta hospitalaria para ajustar el retraso auriculoventricular en los pacientes con estimulación bicameral. El seguimiento postoperatorio fue realizado en la consulta ambulatoria, con una exploración clínica, electrocardiográfica y ecocardiográfica periódica cada 3 meses.

Los resultados numéricos se presentan como valor medio ± desviación típica. Se utilizó la prueba de la t de Student para comparar los valores medios observados antes y después de la intervención. Los valores de $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

RESULTADOS

No hubo morbilidad operatoria ni hospitalaria en esta serie. La duración media del procedimiento del implante del electrodo ventricular izquierdo desde la incisión en la piel hasta concluir la sutura de cierre de los orificios fue de $92,4 \pm 31$ min (rango, 48-125 min). Se tuvo que reconvertir al tercer paciente de la serie a



Fig. 2. Imagen postoperatoria.



Fig. 3. Radiografía de tórax postoperatoria.

minitoracotomía por la imposibilidad de implantar el electrodo a través del orificio de toracoscopia. El colapso pulmonar izquierdo durante el procedimiento y la ventilación selectiva del pulmón derecho fueron bien tolerados en todos los casos desde el punto de vista hemodinámico y ventilatorio. Todos los pacientes

TABLA 2. Evolución clínica de los pacientes

	Basal	Seguimiento 3 meses
Clase funcional NYHA	3,2 ± 0,6	2,3 ± 0,4 ^a
FEVI (%)	22,9 ± 6,8	30,6 ± 4,9 ^b
Duración complejo QRS (ms)	164 ± 21	139 ± 30 ^a
Umbral de estimulación (V a 0,5 ms)	1,21 ± 0,9	1,8 ± 1,1 (NS)
Impedancia (Ω)	925 ± 310	864 ± 279 (NS)
Voltaje onda R (mV)	9,75 ± 2,9	9,16 ± 3,2 (NS)

NYHA: New York Heart Association; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; NS: diferencias estadísticamente no significativas.

^ap < 0,05. ^bp < 0,01.

fueron extubados en el quirófano y permanecieron en la unidad de reanimación menos de 24 h.

La convalecencia fue favorable debido en gran medida a la técnica mínimamente invasiva (figs. 2 y 3), si bien la estancia media postoperatoria fue relativamente prolongada, con un promedio de 4,2 ± 1,7 días (rango, 3-9 días) con el fin de optimizar el control de la frecuencia cardíaca y la programación del retraso auriculoventricular antes del alta. En todos los pacientes se mantuvo el tratamiento crónico con vasodilatadores y bloqueadores beta, e incluso en 4 casos se pudo incrementar la dosis de bloqueadores beta, ya que en el preoperatorio la frecuencia cardíaca lo impedía.

El promedio de umbral de estimulación intraoperatorio del electrodo ventricular izquierdo fue 1,21 ± 0,9 V a 0,5 ms. Se obtuvieron parámetros de estimulación intraoperatorios adecuados en todos los casos, si bien en un paciente fue preciso modificar la localización inicial del electrodo ventricular para lograr un umbral inferior a 2 V.

El seguimiento medio fue de 14,6 meses (rango, 3-32 meses). Durante éste se ha constatado una mejoría clínica significativa. En la tabla 2 se presenta la evolución clínica de los pacientes. Un paciente falleció 7 meses después de la intervención debido a una neumonía. El estudio mediante ecocardiografía Doppler ha demostrado recuperación, al menos parcial, de la sincronía mecánica ventricular septo-pared libre en todos los casos. En 3 pacientes se ha observado una disminución del grado de insuficiencia mitral. Los parámetros de estimulación del electrodo ventricular izquierdo en el seguimiento no experimentaron cambios estadísticamente significativos respecto a los valores intraoperatorios. No se observó fallo del estímulo ventricular izquierdo ni desplazamiento del electrodo en ningún caso.

DISCUSIÓN

La técnica de elección para estimular el ventrículo izquierdo en la resincronización ventricular es la inserción de un electrodo a través del seno coronario, haciéndolo progresar hasta implantarlo en una vena epicárdica del ventrículo². Se trata de un procedimiento percutáneo laborioso y no exento de complicaciones

graves. En el estudio MIRACLE⁸ no se pudo implantar el electrodo ventricular en el 7,53% de los casos, y precisaron recolocación precoz el 3,78% y sustitución el 1,8%. En el estudio MUSTIC⁷, la técnica de implante fracasó en el 8% de los casos y se observó un 13,5% de desplazamientos precoces. Globalmente, la tasa de fracaso de estímulo ventricular izquierdo por vía intravenosa oscila entre el 8% del MIRACLE y el 12,5% del MUSTIC. El entrenamiento permite acortar el tiempo de implante, disminuir las complicaciones y reducir la tasa de fracasos, si bien hay variables que no dependen de la experiencia del médico, sino de la gran variabilidad de la anatomía venosa del corazón.

El implante de electrodos directamente en la superficie epicárdica del ventrículo izquierdo ha sido la técnica más utilizada inicialmente para la resincronización ventricular^{18,19}. La inserción de electrodos en las venas epicárdicas del ventrículo izquierdo relegó a un segundo plano el papel del implante quirúrgico, al que se atribuyó una elevada morbilidad perioperatoria y parámetros de estimulación inapropiados²⁰. En la actualidad, la cirugía es considerada una técnica de rescate para los casos en los que fracasa el procedimiento percutáneo^{13,15,16}.

El abordaje quirúrgico del ventrículo izquierdo para resincronización puede realizarse mediante minitoracotomía –término con el que se denomina una toracotomía de tamaño reducido– o con una técnica mínimamente invasiva utilizando dispositivos de toroscopia. La toracotomía es un procedimiento que se acompaña de una mayor morbilidad que la toroscopia²¹. Por este motivo, la toracotomía apenas se utiliza en la resincronización ventricular¹³, es muy infrecuente como técnica de primera elección y casi siempre es un procedimiento de rescate de una toroscopia fallida¹⁵.

La videotoroscopia para resincronización en los casos en los que la vía intravenosa no es factible es una técnica menos invasiva, que permite una rápida recuperación postoperatoria y previene la aparición de complicaciones. Recientemente, a la videotoroscopia se ha añadido la tecnología robótica con el dispositivo da Vinci (Intuitive Surgical Inc., Estados Unidos)^{15,16}. Este sistema aporta ventajas sobre la videotoroscopia clásica, como la visión en tres dimensiones, la eliminación del temblor y la posibilidad de aplicar puntos de sutura para fijar el electrodo; sin embargo, resulta extraordinariamente costoso y hasta el momento no está disponible en España.

El implante de electrodos con cirugía mínimamente invasiva asistida con videotoroscopia con/sin soporte robótico tiene, en comparación con la técnica percutánea, varias ventajas e inconvenientes.

La videotoroscopia permite mayor libertad para acceder a los segmentos laterales y posterobasales del ventrículo izquierdo¹⁶, donde varios estudios han demostrado una resincronización mecánica más efectiva

que la obtenida con la estimulación de los segmentos anteriores²². En cualquier caso, la selección del lugar de implante intravenoso está limitada por la disposición y el tamaño de las venas epicárdicas, y es posible que esta limitación obligue en algunos casos a implantar el electrodo en un lugar poco apropiado. Este hecho puede condicionar el impredecible y difícilmente reproducible resultado clínico de la resincronización.

La cirugía con videotoroscopia permite la visión directa del epicardio y la elección de la superficie más apropiada, evitando la grasa epicárdica y las áreas de fibrosis que pueden artefactar los parámetros de estimulación. Además, facilita una fijación segura con suturas o mediante dispositivo de tornillo. En nuestro trabajo, así como en las otras series quirúrgicas publicadas, no se ha descrito un desplazamiento postoperatorio del electrodo.

La videotoroscopia, a pesar de ser un procedimiento mínimamente invasivo, conlleva una serie de desventajas frente a la técnica percutánea. Exige anestesia general, colocar al paciente en decúbito lateral con un pulmón colapsado y mantener la ventilación unipulmonar durante un período considerable. En nuestra serie no hubo complicaciones hemodinámicas ni ventilatorias importantes durante el procedimiento, si bien fue preciso un manejo anestésico perioperatorio experto.

El implante con videotoroscopia es una técnica difícil no exenta de complicaciones^{15,16,19}. La adquisición de experiencia reduce significativamente los tiempos quirúrgicos¹⁶. Sin embargo, la manipulación intratorácica de los instrumentos, así como la inserción del electrodo, puede provocar desgarros del epicardio que obliguen a realizar una toracotomía de rescate¹⁵. La reconversión a toracotomía es un fracaso de la técnica toracoscópica y, en las series publicadas, constituye un factor determinante para la aparición de complicaciones postoperatorias, fundamentalmente de carácter respiratorio¹⁶. A pesar de todo, la tasa de fracaso en el implante es menor con la cirugía mínimamente invasiva que con la técnica percutánea^{15,16}.

Uno de los primeros casos de nuestra serie se tuvo que reconvertir a minitoracotomía para permitir el implante del electrodo. La ausencia de instrumental específico para la colocación del electrodo a través del trocar de toroscopia es un hecho que condiciona gran parte de la dificultad de este procedimiento. Recientemente, la industria ha desarrollado instrumentos diseñados para este fin, como el brazo metálico maleable y semiautomático 10626-Epicardial Lead Implant Tool (Medtronic, Estados Unidos), que facilita la orientación espacial del electrodo dentro del tórax.

La presencia de adherencias pleurales o pericárdicas puede dificultar el procedimiento e incluso obligar a reconvertir la toroscopia en una toracotomía de rescate¹⁵. Por este motivo, consideramos que la cirugía cardiorádica previa es una contraindicación relativa para la videotoroscopia.

En los primeros casos de nuestra serie practicábamos los orificios de toracosopia en la línea axilar media. Sin embargo, hemos observado que el acceso a los segmentos lateral y posterior del ventrículo izquierdo es más fácil al desplazar en sentido posterior los accesos de toracosopia, por lo que paulatinamente hemos adoptado este abordaje, que ha sido descrito en la bibliografía de manera detallada¹⁶. En cuanto al espacio intercostal más apropiado para acceder, oscila entre el segundo-tercero¹⁵ y el noveno¹⁶. Habitualmente, nosotros insertamos la videocámara por el séptimo-octavo espacio y, después de explorar la cavidad torácica, practicamos los otros 2 orificios de trabajo, que se sitúan entre el quinto y el séptimo espacio intercostal.

Los electrodos implantados por vía intravenosa y por vía quirúrgica para resincronización proporcionan parámetros de estimulación agudos y crónicos muy similares^{13,15}. En nuestra serie observamos un umbral de estimulación del ventrículo izquierdo inferior a 2 V, semejante a las de otras series publicadas^{13,15,16}. La presencia de miocardiopatía isquémica no parece influir en el umbral obtenido con la estimulación epicárdica¹⁶.

En nuestra serie hemos preferido la estimulación ventricular izquierda aislada en lugar de la biventricular. Actualmente no existe consenso sobre la necesidad de estimulación biventricular para lograr el efecto beneficioso de la resincronización³. No es objetivo de este trabajo comparar ambos tipos de estimulación. Nuestro criterio se ha basado en estudios que han demostrado que el estímulo del ventrículo izquierdo proporciona resultados similares al biventricular^{4,23-25} y que la resincronización eléctrica debe ser obviada en favor de la resincronización mecánica demostrada mediante hemodinámica o ecocardiografía^{5,6,26}.

CONCLUSIONES

El implante de electrodos epicárdicos en ventrículo izquierdo mediante cirugía mínimamente invasiva asistida por videotoracosopia es un procedimiento seguro y eficaz. La tasa de complicaciones postoperatorias con un manejo anestésico refinado es reducida. Los resultados obtenidos en los parámetros de estimulación, la mejoría clínica y la función ventricular han sido satisfactorios a corto y medio plazo. La realización de estudios comparativos con la técnica intravenosa permitirá determinar el papel de la videotoracosopia en la resincronización ventricular.

BIBLIOGRAFÍA

1. Farwell D, Patel NR, Hall A, Ralph S, Sulke AN. How many people with heart failure are appropriate for biventricular resynchronization? *Eur Heart J* 2000;21:1246-50.

2. Hare JM. Cardiac-resynchronization therapy for heart failure. *N Engl J Med* 2002;346:1902-5.
3. Alberca MT, García-Cosío F. Resincronización ventricular en la insuficiencia cardíaca: ¿un método bien establecido o una línea de progreso con muchos interrogantes? *Rev Esp Cardiol* 2003;56:637-41.
4. Gerber TC, Nishimura RA, Holmes DR, Lloyd MA, Zehr KJ, Tajik AJ, et al. Left ventricular and biventricular pacing in congestive heart failure. *Mayo Clin Proc* 2001;76:803-12.
5. Leclercq C, Faris O, Tunin R, Johnson J, Kato R, Evans F, et al. Systolic improvement and mechanical resynchronization does not require electrical synchrony in the dilated failing heart with left bundle-branch block. *Circulation* 2002;106:1760-3.
6. Nelson GS, Berger RD, Fetters BJ, Talbot M, Hare JM, Kass DA, et al. Left ventricular or biventricular pacing improves cardiac function at diminished energy cost in patients with dilated cardiomyopathy and left bundle-branch block. *Circulation* 2000;102:3053-9.
7. Cazeau S, Leclercq C, Lavergne T, Walker S, Varma C, Linde C, et al. Effects of multisite biventricular pacing in patients with heart failure and intraventricular conduction delay. *N Engl J Med* 2001;344:873-80.
8. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, Delurgio DB, Leon AR, Loh E, et al. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002;346:1845-53.
9. García-Bolao I, Macías A, Alegría E, Berenguel A, Gavira JJ, Azcárate P, et al. Tratamiento de la insuficiencia cardíaca avanzada mediante estimulación biventricular. Experiencia inicial en una serie de 22 casos consecutivos. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:245-52.
10. Linde C, Leclercq C, Rex S, Garrigue S, Lavergne T, Cazeau S, et al. Long-term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the Multisite Stimulation in Cardiomyopathy (MUSTIC) study. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:111-8.
11. Stellbrink C, Breithardt O, Franke A, Sack S, Bakker P, Auricchio A, et al. Impact of cardiac resynchronization therapy using hemodynamically optimized pacing on left ventricular remodeling in patients with congestive heart failure and ventricular conduction disturbances. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1957-65.
12. StJohn MG, Plappert T, Abraham WT, Smith AL, DeLurgio DB, Leon AR, et al. Effect of cardiac resynchronization therapy on left ventricular size and function in chronic heart failure. *Circulation* 2003;107:1985-90.
13. Izutani H, Quan KJ, Biblo LA, Gill IS. Biventricular pacing for congestive heart failure: early experience in surgical epicardial versus coronary sinus lead placement. *Heart Surg Forum* 2002;6:E1-6.
14. García-Bengochea JB, Vega M, Fernández AL, Rubio J, Sánchez D, Amaro A, et al. Alternativas técnicas de resincronización ventricular epicárdica en la insuficiencia cardíaca. *Cir Cardiov* 2003;10:37-44.
15. Jansens JL, Jottrand M, Preumont N, Stoupe E, Cannière D. Robotic-enhanced biventricular resynchronization: an alternative to endovenous cardiac resynchronization therapy in chronic heart failure. *Ann Thorac Surg* 2003;76:413-7.
16. DeRose JJ, Ashton RC, Belsley S, Swistel DG, Vloka M, Ehlert F, et al. Robotically assisted left ventricular epicardial lead implantation for biventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1414-9.
17. García-Bengochea JB, Fernández González AL, Vega Fernández M, Amaro Cendón A, Álvarez J, Rubio J, et al. Implante de electrodos en ventrículo izquierdo para resincronización. Ventajas de la videotoracosopia frente a la técnica percutánea. *Rev Esp Cardiol* 2003;56(Supl 2):29.
18. Cazeau S, Ritter P, Bakdach S, Lazarus A, Limousin M, Henao L, et al. Four chamber pacing in dilated cardiomyopathy. *Pacing Clin Electrophysiol* 1994;17:1974-9.
19. Cazeau S, Ritter P, Lazarus A, Gras D, Backdach H, Mundler O, et al. Multisite pacing for end-stage heart failure: early experience. *Pacing Clin Electrophysiol* 1996;19:1748-57.

20. Daubert JC, Ritter P, Le Breton H, Gras D, Leclercq C, Lazarus A, et al. Permanent left ventricular pacing with transvenous leads inserted into the coronary veins. *Pacing Clin Electrophysiol* 1998; 21:239-45.
21. Kaseda S, Aoki T, Hangai N, Shimizu K. Better pulmonary function and prognosis with video-assisted thoracic surgery than thoracotomy. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1644-6.
22. Butter C, Auricchio A, Stellbrink C, Fleck E, Ding J, Yu Y, et al. Effect of resynchronization therapy stimulation site on the systolic function of heart failure patients. *Circulation* 2001;104:3026-9.
23. Etienne Y, Mansourati J, Touiza A, Gilard M, Bertault-Valls V, Guillo P, et al. Evaluation of left ventricular function and mitral regurgitation during left ventricular-based pacing in patients with heart failure. *Eur J Heart Fail* 2001;3:441-7.
24. Hansen C, Sperzel J, Neumann T, Pitschner HF, Neuzner J. Acute hemodynamic effects of biventricular and left ventricular pacing in chronic pacemaker-dependent patients with advanced heart failure. *Z Kardiol* 2003;92:862-8.
25. Auricchio A, Stellbrink C, Sack S, Block M, Vogt J, Bakker P, et al. Long-term clinical effect of hemodynamically optimized cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and ventricular conduction delay. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:2026-33.
26. Bordachar P, Garrigue S, Reuter S, Hocini M, Kobeissi A, Gaggioli G, et al. Hemodynamic assessment of right, left and biventricular pacing by peak endocardial acceleration and echocardiography in patients with end-stage heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000;23:1726-30.