



CARDIOLOGÍA DEL ADULTO - TRABAJOS LIBRES

Terapia de resincronización con implante de electrodo ventricular izquierdo por vía epicárdica

Resynchronization therapy with left ventricular electrode implant via epicardium

Francisco Gómez, MD.; Boris V. Astudillo, MD.; Carlos M. Orrego, MD.; Manuel A. Coronado, MD.; Juan M. Senior, MD.

Medellín, Colombia.

INTRODUCCIÓN: la terapia de resincronización cardiaca es segura y efectiva para mejorar la clase funcional y la calidad de vida, y reducir la mortalidad en pacientes con falla cardiaca en estado funcional III y IV con terapia médica óptima.

MÉTODOS: este es el reporte del procedimiento realizado a un grupo de pacientes a quienes se les implantó un marcapasos tricameral para resincronización cardiaca, con inserción del electrodo ventricular izquierdo por vía epicárdica, realizado en la Unidad Cardiovascular y de Trasplantes del Hospital Universitario San Vicente de Paúl y la Universidad de Antioquia, en noviembre de 2004 a febrero de 2006. Los pacientes elegidos para la inserción cumplían con los criterios de falla cardiaca estadio C o D, según la clasificación de la NYHA III ó IV, corroborado con prueba funcional menor de 5 MET, fracción de eyección menor del 35%, QRS mayor de 120 milisegundos y criterios ecocardiográficos de disincronía intraventricular, interventricular o aurículo-ventricular.

RESULTADOS: se incluyeron nueve pacientes: cinco hombres y cuatro mujeres, con edad promedio de 57 años; ocho pacientes tenían bloqueo de rama izquierda del haz de His. El procedimiento de implante se realizó en dos tiempos, el primero en la sala de hemodinámica donde se ubicó el electrodo de aurícula derecha y ventrículo derecho, y el segundo en el quirófano, donde se puso un electrodo del ventrículo izquierdo por vía epicárdica por minitoracotomía anterior izquierda. El tiempo total del procedimiento osciló entre 35 a 210 minutos con un promedio de 105 minutos, menor en los últimos pacientes. Las medidas intraoperatorias demuestran un umbral de estimulación promedio de 0,9 mv; la duración del QRS fue menor a 130 milisegundos luego de la estimulación biventricular en el 100% de los casos y el tiempo de detección al estimular con el electrodo ventricular izquierdo, fue mayor de 100 milisegundos en el 100% de los casos. No se presentaron complicaciones durante el procedimiento ni estimulación diafragmática o desalojo del electrodo epicárdico después de seis meses de seguimiento.

CONCLUSIÓN: se demostró que la implantación de marcapasos tricameral para resincronización cardiaca con la utilización de electrodo epicárdico ventricular izquierdo, es una terapia segura, con la cual se obtienen parámetros adecuados de implantación y normofunción del dispositivo.

PALABRAS CLAVE: resincronización, disincronía, epicárdico, bloqueo de rama izquierda.

Unidad Cardiovascular y de Trasplantes. Hospital Universitario San Vicente de Paúl - Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Correspondencia: Juan Manuel Senior S., MD. Jefe Clínica de Falla Cardiaca Universidad de Antioquia - Hospital Universitario San Vicente de Paúl. Calle 64 carrera 51D, Medellín, Colombia. Teléfono: 516 74 03. Correo electrónico: mmbt@une.net.co

Recibido: 24/05/06. Aprobado: 30/05/06.

INTRODUCTION: heart resynchronization therapy is safe and effective for improving functional class and quality of life and to diminish mortality in patients with heart failure in functional state III and IV with optimal medical therapy.

METHODS: we report the procedure realized to a group of patients in the Cardiovascular and Transplant Unit at the University Hospital San Vicente de Paul and the Antioquia University between November 2004 and February 2006, to whom a tricameral pacemaker for cardiac resynchronization was implanted, inserting the left ventricular electrode via epicardium. Patients chosen for the insertion fulfilled the heart failure state C or D criteria, according to the NYHA III or IV classification, corroborated with functional test < 5 MET, ejection fraction < 35%, QRS >120ms. and echocardiographic criteria of intra-ventricular, inter-ventricular or atrio-ventricular dyssynchronism.

RESULTS: 9 patients were included: 5 men and 4 women with mean age 57 years; 8 patients had left His bundle block. The implant procedure was realized in two times: the first one in the hemodynamics ward where an electrode in right atrium and right ventricle was put, and the second one in the operating room where an electrode in the left ventricle via epicardium through left anterior mini-thoracotomy was implanted. Total procedure time oscillated between 35 and 210 minutes with a mean of 105 minutes, and less than this in the last patients.

Intra-operative measures show a mean stimulation threshold of 0.9 mV; QRST duration was less than 130 ms. after biventricular stimulation in 100% of cases and the detection time when stimulating with the left ventricular electrode was greater than 100 ms. in 100% of cases. There were no complications during the procedure, diaphragmatic stimulation or the removal of the epicardial electrode after a six months follow-up.

CONCLUSION: it was demonstrated that the tricameral pacemaker implantation for cardiac resynchronization by using an epicardial left ventricular electrode is a safe therapy with which adequate implantation parameters and device normal function are obtained.

KEY WORDS: resynchronization, dissynchrony, epicardia, left bundle branch block.

(Rev.Colomb.Cardiol. 2007; 14: 284-290)

Introducción

La falla cardiaca es una patología que afecta aproximadamente a 10 de cada 1.000 personas mayores de 65 años y constituye el 20% de todas las hospitalizaciones en ese grupo etáreo (1). Se calcula que en el mundo se diagnostican 2 millones de casos nuevos por año y la supervivencia estimada a cinco años es del 25% en hombres y del 38% en mujeres (2). A pesar de los progresos alcanzados en la terapia médica para la falla cardiaca, la supervivencia de los pacientes con esta enfermedad aún es pobre (3). Los pacientes con clase funcional IV según la clasificación de la NYHA, alcanzan el 50% al 75% de mortalidad anual (4), por lo que se hace necesario el desarrollo de nuevas terapias que cambien la morbimortalidad en este grupo de pacientes y se consoliden

como alternativas al trasplante cardiaco. La terapia de resincronización cardiaca con estimulación eléctrica bi-ventricular, ha demostrado beneficios en la evolución clínica y funcional de los pacientes con falla cardiaca severa.

Los estudios iniciales demostraron mejoría en la tolerancia al ejercicio, calidad de vida, función ventricular y disminución en el número de hospitalizaciones y en la severidad de la insuficiencia mitral. Los recientes estudios COMPANION y CARE-HF demostraron disminución en la mortalidad (HR=0,63, IC 0,51-0,77, $p < 0,001$) (5-7). Para optimizar la terapia de resincronización se requiere la implantación de dos electrodos convencionales en la aurícula derecha y en el ventrículo derecho; sin embargo, el factor más importante es la adecuada colocación de

un electrodo adicional para estimular el ventrículo izquierdo. Habitualmente, el acceso por el seno coronario se ha considerado como la vía de elección, pero la anatomía variable del sistema venoso, en especial en pacientes con falla cardíaca, la posibilidad de desalojo del electrodo y la imposibilidad de lograr la estimulación de la pared ventricular con mayor retardo en la activación mecánica (8), ha impulsado el desarrollo de nuevas formas de estimulación como la implantación por vía epicárdica por minitoracotomía o por toracocostía, entre otras (9).

Metodología

Pacientes

Este es un reporte de la implantación de marcapaso tricameral para resincronización ventricular con inserción del electrodo ventricular izquierdo por vía epicárdica en pacientes de la clínica de falla cardíaca (10) de la Unidad Cardiovascular y de Transplante del Hospital Universitario San Vicente de Paúl y la Universidad de Antioquia de Medellín-Colombia, entre el 15 noviembre de 2004 y el 28 de febrero de 2006.

Los pacientes elegidos para la terapia de resincronización cardíaca cumplieron los siguientes criterios de inclusión: falla cardíaca secundaria a cardiopatía isquémica o no isquémica, estadio C o D, clase funcional III (7 pacientes) o IV (2 pacientes) según la clasificación de la NYHA, corroborado por prueba funcional menor de 5 MET en pacientes en estado funcional III. Todos los pacientes presentaban fracción de expulsión del ventrículo izquierdo menor del 35%, diámetro ventricular diastólico del ventrículo izquierdo mayor de 55 mm, QRS mayor de 120 milisegundos y criterios ecocardiográficos de disincronía.

Criterios de disincronía

Los criterios de disincronía se clasificaron en intra-ventricular, interventricular y aurículo-ventricular (11) de acuerdo con el estudio CARE-HF, catalogándose como disincronía aurículo-ventricular cuando el tiempo de llenado mitral corresponde a menos del 40% del intervalo R-R, disincronía interventricular con una diferencia mayor de 40 milisegundos entre el periodo pre-eyectivo aórtico y periodo pre-eyectivo pulmonar. Se consideró criterio de disincronía intra-ventricular el tiempo de retardo *septum*-pared posterior mayor de 130 mseg, tiempo pre-

eyectivo aórtico mayor de 140 mseg y en la evaluación con Doppler tisular relación *septum*-pared lateral con una diferencia mayor de 60 milisegundos. Todos fueron evaluados por ecocardiografía Doppler en un sonógrafo HP Sonus 5500 por un solo observador. Se incluyeron pacientes con falla cardíaca de origen isquémico y no isquémico con tratamiento médico óptimo, el cual incluía inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, diuréticos, digital, espironolactona y betabloqueadores (11-13).

Método de implantación

El procedimiento se realizó bajo anestesia general en la sala de hemodinámica contigua, en nuestra institución, al quirófano cardiovascular. Inicialmente, se implantó el electrodo auricular y ventricular derecho bajo visión fluoroscópica y en una segunda fase en el quirófano, el electrodo ventricular izquierdo por minitoracotomía.

La técnica que se describe a continuación es relativamente sencilla y no exige apropiación de nuevos recursos tecnológicos:

Tiempo 1. Sala de hemodinámica

1. Con anestesia general y local se realizó disección del bolsillo subcutáneo prepectoral en la región media subclavio-pectoral.

2. Se hizo punción de vena subclavia con técnica de Seldinger, paso de guía metálica J, paso de introductor "peel-away" y paso de los electrodos transvenosos, ventricular y auricular de fijación activa en la auriculilla derecha y el *septum* interventricular. Se midieron los parámetros eléctricos de implantación y si eran adecuados, se efectuaba cubrimiento minucioso de la incisión y traslado del paciente al quirófano.

Tiempo 2. Quirófano cardiovascular

1. Bajo anestesia general se realizó minitoracotomía anterior, de 5 a 10 cm, por el cuarto espacio intercostal izquierdo (Figura 1).

2. Exposición del pericardio y pericardiotomía longitudinal, anterior al nervio frénico para exponer el segmento basal de la cara posterolateral del corazón.

3. Se localizó la auriculilla izquierda y el área de implantación que se encuentra 2 ó 3 cm caudal y 2 ó 3 cm lateral al apéndice cardíaco.

4. En ese punto preciso se implantó el electrodo epicárdico usando el dispositivo flexible específico o herramienta epicárdica y se midieron los parámetros eléctricos (Figuras 2 y 3).

5. A través del tercer espacio intercostal, de dentro hacia fuera, se pasó el electrodo hasta el bolsillo subclavio realizado en hemodinámica.

6. Se midieron los parámetros eléctricos de implantación del electrodo izquierdo, de la duración del QRS con estimulación biventricular y del tiempo de detección al estimular con el electrodo izquierdo.

7. Se conectaron los tres electrodos al generador. Se verificó su funcionamiento y fijación del mismo a la fascia muscular (Figura 4).

8. Se pasó una sonda de toracotomía N° 24 ó 26 a través del séptimo espacio intercostal izquierdo con línea axilar anterior.

9. Se hizo cierre de toracotomía con tres planos musculares de absorbible 2/0, tejido subcutáneo con PDS 3/0 y piel con polipropileno 4/0.

10. Se practicó cierre del bolsillo subclavio en dos planos, con absorbible 3/0 y polipropileno 4/0.

Procedimiento de implantación del electrodo del ventrículo izquierdo por vía epicárdica



Figura 1. Toracotomía anterior izquierda.

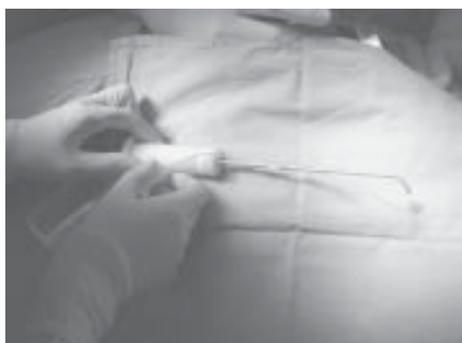


Figura 2. Dispositivo epicárdico.



Figura 3. Implante del electrodo epicárdico.



Figura 4. Conexión de electrodos.

Resultados

Se incluyeron nueve pacientes en total, cinco hombres y cuatro mujeres, con promedio de edad de 57 años (45-70 años); ocho pacientes presentaban bloqueo de rama izquierda del haz de His. Todos los pacientes fueron sometidos a coronariografía diagnóstica; se encontró cardiopatía isquémica en dos pacientes y cardiopatía no isquémica en cinco. A dos pacientes se les encontró un ritmo de fibrilación auricular y en un paciente se encontró bloqueo A-V completo (Tabla 1).

El dispositivo utilizado fue el Medtronic INSYNC III®, con electrodo epicárdico Medtronic 5071® con estimulación unipolar en el ventrículo izquierdo para todos los pacientes.

Los criterios de selección ecocardiográficos seleccionados, se utilizaron para afinar la indicación del dispositivo y definir la pared miocárdica con mayor retraso en la activación mecánica con el objetivo de disminuir el porcentaje de no respondedores a la terapia de resincronización cardíaca (14).

Tabla 1
CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A RESINCRONIZACIÓN

Edad	47	55	69	45	59	62	58	50	70
Género	M	F	M	M	M	F	M	F	F
Betabloqueadores	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IECA	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Diuréticos de ASA	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diuréticos ahorradores de K	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Digoxina	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Amiodarona	-	-	-	+	+	-	-	-	-
BRIHH	+	+	-	+	+	+	+	+	+
BRDHH	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Cardiopatía isquémica	-	-	-	+	-	-	+	-	+
Cardiopatía no isquémica	+	+	+	-	+	+	-	+	-
Clase funcional	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV
Fibrilación auricular	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Bloqueo AV	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Taquicardia ventricular	-	-	-	+	-	-	+	-	-
MET alcanzados	4,5	3,5	5	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-
Tiempo de implantación	210 min	120 min	120 min	90 min	35 min	50 min	110 min	210 min	150 min

Las características ecocardiográficas más importantes encontradas en los pacientes elegidos para terapia de resincronización cardíaca fueron las siguientes: el 100% de los pacientes tenía diámetro diastólico (DdVI) del ventrículo izquierdo por encima de 60 mm, diámetro sistólico del ventrículo izquierdo (DsVI) por encima de 50 mm y presencia de insuficiencia mitral moderada a severa, volúmenes de fin de sístole y valores fluctuantes de 146 mL a 311 mL con promedio de 211 mL y de fin de diástole en valores de 283 mL a 374 mL con valor

promedio de 335 mL. Todos reunían criterios de disincronía interventricular e intraventricular (Tabla 2).

Posterior al implante del dispositivo de resincronización y antes de terminar el procedimiento, se verifican los parámetros eléctricos de implantación para asegurar un óptimo resultado. Se determina que la duración del QRS sea menor de 130 milisegundos con la estimulación biventricular, que el tiempo de detección al estimular con electrodo izquierdo sea mayor de 100 milisegundos y que el umbral del electrodo ventricular izquierdo sea menor de 2 mV (16) (Tabla 3).

Tabla 2
CARACTERÍSTICAS ECOCARDIOGRÁFICAS DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A TERAPIA DE RESINCRONIZACIÓN CARDIACA

HC	12252995	32494879	585702	8401363	8272945	21658697	8410393	39403195	26289726
DDVI	77 mm	64 mm	78 mm	85 mm	93	82	89	67 mm	71
DSVI	62 mm	53 mm	71 mm	75 mm	84	72	78	51	68
FE	30%	25%	20%	20%	20	20	20	35	30
AAD	70	15	30	39	34	30	39	23	31
AAI	30	23	37	16	14	16	52	32	25
IMV	291	162	215	210	218	259	254	218	219
TRSP	90 mseg	230 mseg		120	140	380	160	250	260
VTD	283 mL	316 mL		374	353	320	362		
VTS	166 mL	146 mL		311	274	225	286		
Disincro. Intervent.	50 mseg	40 mseg		80	60	50	65	90	110
Disincro. Intravent.	90 mseg	110 mseg		60	190	100	95	60	65
I. mitral	G IV / IV	G IV / IV	G IV / IV	G III / IV	G III / IV	G IV / IV	G III / IV	G III / IV	G III / IV

Tabla 3
PARÁMETROS DE IMPLANTACIÓN

	12252995			32494879			585702			8401363			8272945			21658697			8410393			39403195			26289726		
	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI	CA	CVD	CVI
Onda R o P	0,7	6,6	1,6	2,6	21,8	1,5	3,1	9,8	no	2,4	28,7	12,6	3,1	3,0	25,9	3,9	21,5	24,7	7,2	5,3	30	7,2	17	13	1,5	24,9	30
Umbral	0,4	0,5	0,8	0,4	2,3	1,2	0,7	0,8	1,0	0,4	0,5	0,6	0,4	1,1	1,1	0,4	0,9	1,0	0,6	0,9	0,6	0,7	0,4	0,4	1,0	0,6	1,5
Impedancia	619	999	1418	890	923	864	679	804	1260	622	690	1505	603	934	601	560	808	732	756	493	913	736	998	766	709	999	1698
Deflexión intrínseca	1,2	1,6	0,8	1,3	1,8	1,8	1,3	3,9	1,3	1,5	3,2	3,2	1,3	4,0	4,0	2,2	4,0	3,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	1,7	4,0	4,0	4,0

CA= cable o electrodo auricular. CVD= cable o electrodo de ventrículo derecho. CVI= cable o electrodo de ventrículo izquierdo.

Discusión

La terapia de resincronización cardíaca con estimulación eléctrica biventricular, ha demostrado beneficios en la evolución clínica y funcional de los pacientes con falla cardíaca severa. Los estudios COMPANION y CARE HF demostraron cambios en desenlaces finales importantes como disminución en la mortalidad y en el número de hospitalizaciones. El refinamiento de los criterios de disincronía por ecocardiografía Doppler de tejidos, ha permitido una mejor selección de los pacientes que se benefician de este tipo de procedimientos y por lo tanto disminuir el número de no respondedores, que en la actualidad oscila entre el 20% y el 30%.

La técnica de implantación del electrodo ventricular izquierdo a través del seno coronario, es hasta ahora la vía de elección ya que demuestra altas tasas de éxito, baja frecuencia de complicaciones, adecuadas medidas intraoperatorias de estimulación epicárdica y tiempos de implantación aceptables luego de una curva de aprendizaje. Sin embargo, la anatomía del seno coronario, a diferencia de la arteria coronaria, es altamente variable y en los pacientes con falla cardíaca se distorsiona, lo que dificulta la implantación percutánea del electrodo y en ocasiones impide su adecuada ubicación.

Por lo anterior algunos grupos optan por la realización de técnicas imaginológicas no invasivas para determinar con exactitud la anatomía del seno coronario y predecir la posibilidad de ubicar el electrodo en forma adecuada para estimular la pared ventricular con mayor retraso en su activación.

La implantación del electrodo ventricular izquierdo por vía epicárdica para resincronización cardíaca, es una técnica segura y eficaz, de elección en pacientes con anatomía del seno coronario desfavorable, en quienes la implantación percutánea no es posible o de alto riesgo. Se obtienen adecuados parámetros post-implantación

con umbrales de estimulación menores de 1,5 V/O,5 ms y adecuada ubicación del electrodo en la zona con mayor desacople mecánico. Si bien se trata de un procedimiento quirúrgico que debe realizarse en un quirófano, bajo anestesia general, con todas las condiciones y recursos necesarios para una toracotomía, ofrece algunas ventajas tales como tiempo total del procedimiento corto, tiempos breves de hospitalización, mayor precisión en el sitio ideal de implantación, bajo riesgo de desalojo y adecuada medición de parámetros de implantación, que no difieren en forma significativa del electrodo del seno coronario (también epicárdico) (9).

Aunque hasta ahora la técnica de implantación percutánea por el seno coronario del electrodo ventricular izquierdo para resincronización es de elección y la epicárdica (quirúrgica) es una alternativa en algunos pacientes, es evidente que, con el tiempo, el espectro de indicaciones de esta última se ha ampliado, encontrándose umbrales de estimulación notablemente bajos y con menor índice de complicaciones que los que se encontraron en pacientes con implante por seno coronario, especialmente de algunas con alta mortalidad como la ruptura del seno coronario (15); esto se convierte en una buena alternativa para un grupo significativo de pacientes. La mejoría en los dispositivos utilizados para su implantación, en el electrodo ventricular, hasta ahora monopolar, y la posibilidad de medir la respuesta hemodinámica por cambios en el dp/dt, el gasto cardíaco y la presión arterial pulmonar en el pre e intraoperatorio para determinar el sitio óptimo de implantación, añadirán ventajas a este tipo de aproximaciones. Se encuentran en curso estudios clínicos que comparan los resultados a largo plazo de ambas técnicas para definir las indicaciones y bondades de cada una.

Conclusión

La implantación de marcapasos biventricular con electrodo epicárdico del ventrículo izquierdo es una

técnica segura, rápida y eficaz sin evidencia de complicaciones inherentes al procedimiento durante la estancia hospitalaria, con resultados similares a mediano plazo al compararlo con la vía del seno coronario.

Bibliografía

- Jessup M, Brozena S. Heart failure. *N Engl J Med* 2003; 348: 2007-18.
- Khand A, Gemel A, Cleland J. Is the prognosis of the heart failure improving? *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 2284-6.
- Abraham W, Fisher W, Smith A. Cardiac resynchronization therapy in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002; 346: 1845-53.
- Linde C, Le Clercq, Rex S et al. Long term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the MUSTIC study. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 111-8.
- Cleland J, Daubert JC, Erdmann E. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure (CARE HF). *N Engl J Med* 2005; 352: 225-237.
- Bristow MR, Feldman AM, Saxon LA. Heart failure management using implantable devices for ventricular resynchronization: Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Chronic Heart Failure (COMPANION) trial. COMPANION Steering Committee and COMPANION Clinical Investigators. *J Card Fail* 2000; 6 (3): 276-85.
- Abraham WT, Young JB, Leon AR, Adler S et al. Effects of cardiac resynchronization on disease progression in patients with left ventricular systolic dysfunction, an indication for an implantable cardioverter-defibrillator, and mildly symptomatic chronic heart failure. Multicenter InSync ICD II Study Group. MIRACLE. *Circulation* 2004; 110 (18): 2864.
- Ansalone G, Giannantoni P, Ricci R, Trambaiolo P, Fedele F, Santini M. Biventricular pacing in heart failure: back to basics in the pathophysiology of left bundle branch block to reduce the number of nonresponders. *Am J Cardiol* 2003; 91: 55F-66F.
- Mair H, Sachweh J, Meuris B et al. Surgical epicardial left ventricular vs. lead versus coronary sinus lead in biventricular pacing. *Eur J Cardiol Surg* 2005; 27: 235-242.
- Abraham W, Hayes D. Cardiac resynchronization therapy for heart failure. *Circulation* 2003; 108: 2596-2603.
- Lane R, Chow W, Chin D, Mayet J. Selection and optimization of biventricular pacing: the role of echocardiography. *Heart* 2004; 90 (suppl vi) vi 10-vi 16.
- Litmann L, Symansky JD. Hemodynamic implications of left bundle branch block. *J Electrocardiol* 2000; 33 (Suppl): 115-21.
- Nesser HJ, Breithardt OA, Kandhera BK. Established and evolving indications for cardiac resynchronization. *Heart* 2004; 90 (suppl VI) vi5-vi9.
- Abraham W, Hayes D. Cardiac resynchronization therapy for heart failure. *Circulation* 2003; 108: 2596-2603.
- Kerwin WF, Botvinick EH, O'Connell JW et al. Ventricular contraction abnormalities in dilated cardiomyopathy: effect of biventricular pacing to correct intraventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 1227-7.
- Conti JB. Biventricular pacing therapy for congestive heart failure: a review of the literature. *Cardiology in Review* 2001; 9 (4): 217-226.