

Ảnh hưởng của vị trí điện cực thất trái trong tạo nhịp tái đồng bộ tim

Phạm Như Hùng*, Đỗ Kim Bằng**
Nguyễn Lâm Việt**

Viện Tim mạch Việt Nam - Bệnh viện Bạch Mai**
Bệnh viện Tim Hà Nội*

TÓM TẮT

Mục tiêu: Chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí điện cực thất trái trong tạo nhịp tái đồng bộ tim.

Phương pháp và kết quả: 55 bệnh nhân, tuổi trung bình $56,05 \pm 10,63$ được cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim từ 1/2008 đến 3/2012. Vị trí thành bên được cấy ở 45,5% bệnh nhân, trước bên ở 36,4% bệnh nhân và sau bên ở 18,1% bệnh nhân. Điện cực thất trái cũng cấy ở 54,5% ở vùng đáy và 45,5% ở vùng mỏm. Sau 6 tháng theo dõi, vị trí điện cực thất trái ở thành trước bên có cải thiện nhiều hơn ở NYHA ($p=0,03$), Dd ($p=0,04$), Vs ($p=0,04$). Điện cực ở vùng đáy cũng tốt hơn vùng mỏm ở %D ($p=0,03$) và EF ($p=0,03$).

Kết luận: Vị trí tạo nhịp thất trái hiệu quả hơn nếu điện cực nằm ở thành bên và gần vùng đáy.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Suy tim là nguyên nhân tử vong hàng đầu trong những nguyên nhân tim mạch. Tại Mỹ, hiện có 5.000.000 bệnh nhân suy tim. Số tử vong do suy tim hàng năm tại Mỹ là 250.000

bệnh nhân [1-3]. Tiến triển của suy tim thường đi kèm với những thay đổi về chức năng và tái cấu trúc của thất trái. Trong những năm gần đây, máy tạo nhịp tái đồng bộ tim (CRT) đã được chứng minh là có hiệu quả trong điều trị. Đặc biệt máy tạo nhịp tái đồng bộ tim đã cho thấy làm cải thiện triệu chứng, khả năng gắng sức và chất lượng cuộc sống ở bệnh nhân suy tim. Các thử nghiệm lâm sàng ngày càng củng cố hiệu quả điều trị của phương pháp này [4-15]. Tại Việt Nam, chúng tôi đã tiến hành cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim đầu tiên vào tháng 10/2001 [16] và đến nay đã có hàng trăm bệnh nhân được cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim tại nước ta [17-19]. Chúng tôi là đề tài này với mục đích nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí điện cực thất trái trong tạo nhịp tái đồng bộ điều trị suy tim.

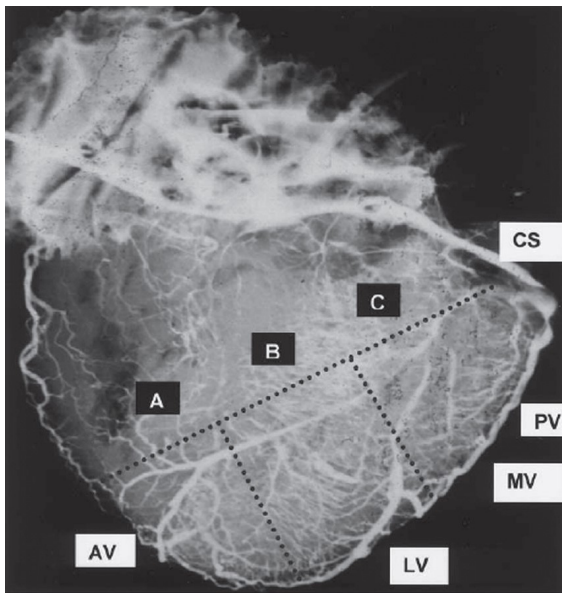
ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bệnh nhân

55 bệnh nhân được cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ thành công từ 1/2008 đến tháng 3/2012. Bệnh nhân đặt máy được chỉ định dựa

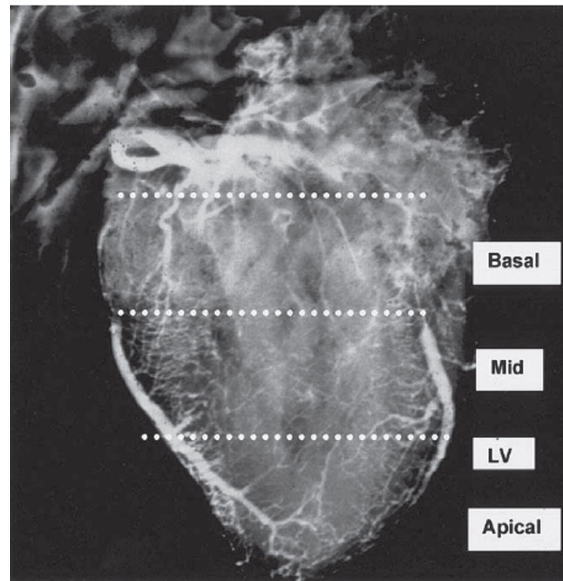
trên những tiêu chuẩn như Hướng dẫn của Hội Tim mạch học Hoa Kỳ năm 2008 [20]: (1) bệnh nhân suy tim có độ NYHA III và IV; (2) Siêu âm tim có EF 35%; (3) Nhịp xoang; (4) có rối loạn mất đồng bộ tim (chẩn đoán qua điện tâm đồ với QRS 120 ms và siêu âm doppler mô tim); (5) Bệnh nhân được điều trị tối ưu bằng các thuốc chống suy tim.

Cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim



Hình 1. Hình tim nhìn ở tư thế nghiêng trước cho thấy toàn bộ chiều dài vòng tĩnh mạch nhĩ thất ở bên trái của tim. Đường chấm đen chia 3 đoạn theo trục ngang của tim. Trục ngang của tim trải dài từ lỗ xoang vành đến điểm kết nhĩ thất ở nhánh tĩnh mạch vành lớn. Mỗi đoạn này được chia như sau: A (vùng trước), B (vùng bên), C (vùng sau). Nó cũng được đánh dấu theo nhánh tĩnh mạch. AV: nhánh tĩnh mạch liên thất trước; LV: nhánh tĩnh mạch bờ bên; PV: Nhánh tĩnh mạch sau; MV: Nhánh tĩnh mạch giữa

Cấy điện cực thất phải, thất trái và nhĩ phải. Vị trí điện cực thất trái được xác định ở vùng trước, vùng bên và sau bên (hình 1) [21]. Vị trí cũng được xác định ở vùng đáy và đỉnh (hình 2) [21].



Hình 2. Hình ảnh theo trục thẳng của tim (trục dài). Các chấm chia thành 2 đoạn bằng nhau (đường giữa), Basal: đáy tim và Apical: mỏm tim. Đây là hình nghiêng cho thấy các vùng giữa nhánh tĩnh mạch bờ bên và nhánh tĩnh mạch liên thất trước

Các thông số đánh giá

Độ NYHA, Các thông số siêu âm tim bao gồm: Đường kính tâm chướng thất trái (Ds), đường kính tâm thu thất trái (Dd), thể tích cuối tâm chướng thất trái (Vd), thể tích cuối tâm thu thất trái (Vs), Phân số tổng máu thất trái (EF), diện tích hở hai lá, áp lực động mạch phổi.

Các thông số được đánh giá trước và sau 6 tháng cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim.

Xử lý số liệu

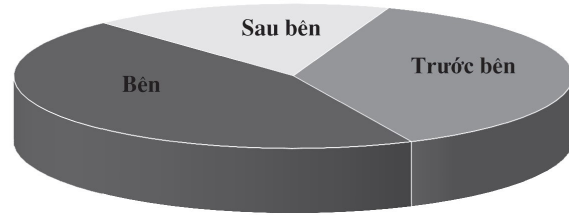
Các số liệu của nghiên cứu đều được nhập và xử lý theo các thuật toán thống kê trên máy tính với sự trợ giúp của phần mềm SPSS for Windows version 17.0. (SPSS, Inc South Wacker Drive, Chicago, IL).

KẾT QUẢ

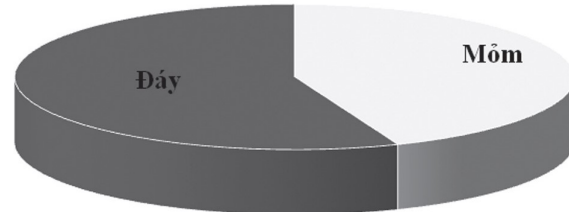
55 bệnh nhân được cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ thành công từ 1/2008 đến tháng 3/2012. Đặc điểm chung bệnh nhân nghiên cứu được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm chung bệnh nhân nghiên cứu

Các thông số	Trung bình ± Độ lệch chuẩn và số bệnh nhân (%)
Tuổi (năm)	56,05±10,63
Giới (nam/nữ)	46/9
Độ NYHA (độ III/độ IV)	23 bệnh nhân/35 bệnh nhân.
Huyết áp tâm thu (mmHg)	95,7±6,6
Huyết áp tâm trương (mmHg)	62,5±7,2
Tần số tim (chu kỳ/phút)	93,4±15,6
Gan to (số bệnh nhân/% bệnh nhân)	15 bệnh nhân (25,8%)
Điện tâm đồ	
Nhịp xoang (%)	100
Khoảng PR (ms)	249,57± 59,14
Khoảng QRS (ms)	160,57± 19,23
Blốc nhánh trái (%)	100
Chỉ số Tim ngực (Gredel) (%)	64,21±7,60



Biểu đồ 1. Phân bố vị trí đầu điện cực thất trái theo vị trí trước bên, bên và sau bên



Biểu đồ 2. Phân bố vị trí đầu điện cực thất trái theo vị trí vùng đáy và vùng mòm

Phân bố vị trí đặt điện cực thất trái được trình bày ở biểu đồ 1. Trong các vị trí này nhiều nhất thành bên với 25 bệnh nhân (chiếm 45,5%), sau đó đến trước bên với 20 bệnh nhân (chiếm 36,4%) và ít nhất là sau bên với 10 bệnh nhân (chiếm 18,1%).

Vị trí điện cực thất trái ở vùng đáy hay vùng đỉnh được trình bày ở biểu đồ 2. Trong đó, vùng mòm gồm 25 bệnh nhân (chiếm 45,5%) và vùng đáy gồm 30 bệnh nhân (chiếm 54,5%).

Sự khác biệt vị trí điện cực các vùng được trình bày ở bảng 2, bảng 3, bảng 4 và bảng 5.

Bảng 2. Sự khác biệt vị trí điện cực trước bên thất trái so với các vùng khác

	Trước cấy máy			Sau cấy máy 6 tháng		
	Trước bên (n=20)	Vùng khác (n=35)	P	Trước bên (n=20)	Vùng khác (n=35)	P
Độ NYHA	3,73±0,45	3,63±0,49	0,49	1,79±0,69	2,04±0,53	0,03
Dd (mm)	72,20±10,68	72,00±9,56	0,95	62,86±9,79	66,52±10,09	0,04

(tiếp bảng 2)

Ds (mm)	61,36±12,93	63,13±9,64	0,63	50,62±9,69	54,88±12,49	0,15
Vd (ml)	278,1±118,9	290,0±89,8	0,72	197,6±61,5	229,2±80,7	0,06
Vs (ml)	209,2±93,2	216,4±78,5	0,79	129,0±54,9	157,6±77,9	0,04
%D	13,92±3,02	12,88±3,86	0,39	18,38±5,07	18,56±8,77	0,93
EF (%)	24,07±5,47	25,00±5,15	0,59	36,93±10,63	38,36±13,68	0,49
Diện tích HoHL (cm ²)	8,48±4,64	8,05±4,71	0,78	3,53±2,16	3,81±2,64	0,55
Áp lực ĐMP (mmHg)	47,07±9,59	52,38±13,96	0,04	39,38±5,85	37,76±8,46	0,18

Bảng 3. Sự khác biệt vị trí điện cực bên thất trái so với các vùng khác

	Trước cấy máy			Sau cấy máy 6 tháng		
	Bên (n=25)	Vùng khác (n=30)	P	Bên (n=25)	Vùng khác (n=30)	P
Độ NYHA	3,64±0,49	3,71±0,47	0,65	1,95±0,59	1,94±0,63	0,96
Dd (mm)	71,73±10,68	72,53±12,13	0,83	64,67±10,49	65,83±9,70	0,72
Ds (mm)	63,19±10,66	61,59±11,31	0,65	52,76±12,84	54,24±10,34	0,70
Vd (ml)	291,1±102,7	278,8±99,9	0,70	221,1±81,1	215,2±70,1	0,81
Vs (ml)	218,2±87,2	208,1±80,3	0,71	148,3±79,9	147,2±61,8	0,96
%D	13,16±4,02	13,40±3,04	0,84	19,33±9,36	17,47±4,79	0,43
EF (%)	25,32±5,07	23,83±5,43	0,37	39,76±14,52	35,61±9,69	0,29
Diện tích HoHL (cm ²)	7,84±5,03	8,66±4,20	0,45	3,66±2,15	3,76±2,81	0,86
Áp lực ĐMP (mmHg)	48,83±11,10	51,62±13,90	0,49	36,48±6,59	40,59±8,38	0,10

Bảng 4. Sự khác biệt vị trí điện cực sau bên thất trái so với các vùng khác

	Trước cấy máy			Sau cấy máy 6 tháng		
	Sau bên (n=10)	Vùng khác (n=45)	P	Sau bên (n=10)	Vùng khác (n=45)	P
Độ NYHA	3,65±0,49	3,68±0,47	0,82	2,00±0,48	1,90±0,70	0,63
Dd (mm)	71,89±9,64	72,23±12,58	0,92	68,28±8,50	62,57±10,65	0,05
Ds (mm)	62,83±9,57	62,15±12,14	0,84	56,44±11,71	50,70±11,21	0,06
Vd (ml)	288,1±90,7	283,5±109,7	0,88	243,1±70,8	196,3±74,1	0,81
Vs (ml)	214,7±78,3	212,9±88,9	0,94	167,7±75,3	129,8±64,4	0,04
%D	12,46±3,43	13,99±3,62	0,13	18,44±9,31	18,55±9,31	0,96
EF (%)	24,61±5,34	24,68±5,25	0,37	37,17±14,41	38,43±11,03	0,71
Diện tích HoHL (cm ²)	8,48±5,21	8,02±4,23	0,75	4,40±2,89	3,15±1,92	0,12
Áp lực ĐMP (mmHg)	52,06±13,27	49,00±12,20	0,46	39,50±8,52	37,25±6,76	0,37

Bảng 5. Sự khác biệt vị trí điện cực mỏm và đáy thất trái

	Trước cấy máy			Sau cấy máy 6 tháng		
	Mỏm (n=25)	Đáy (n=30)	P	Mỏm (n=25)	Đáy (n=30)	P
Độ NYHA	3,75±0,44	3,53±0,51	0,17	1,96±0,55	1,93±0,70	0,90
Dd (mm)	72,50±10,83	71,44±12,11	0,83	66,33±10,15	63,40±11,71	0,60
Ds (mm)	63,52±11,13	60,87±10,52	0,09	55,25±11,36	50,29±11,90	0,05
Vd (ml)	295,4±104,9	270,7±88,1	0,28	230,1±82,7	198,4±58,3	0,08
Vs (ml)	222,1±89,1	201,2±74,6	0,35	158,8±76,8	128,8±59,0	0,05
%D	12,74±3,31	14,06±3,91	0,24	17,29±6,12	20,57±9,59	0,03
EF (%)	25,46±5,12	23,44±5,30	0,37	35,58±11,02	41,47±14,31	0,03
Diện tích HoHL (cm ²)	9,02±4,56	7,06±4,61	0,15	3,67±2,21	3,76±2,90	0,89
Áp lực ĐMP (mmHg)	50,57±11,40	50,00±14,53	0,52	36,96±6,27	40,64±9,31	0,09

BÀN LUẬN

Ngay từ những năm 2000, các nghiên cứu đã cho thấy việc đưa điện cực thất trái vào mặt trước của thất trái qua các nhánh tĩnh mạch liên thất trước không nên làm vì nó có thể gây ra tình trạng không đáp ứng và thậm chí làm tình trạng suy tim nặng nề thêm [22]. Do vậy, việc

cấy điện cực thất trái vào thành bên là vấn đề then chốt cho cấy máy tạo nhịp tái đồng bộ tim. Chúng ta chỉ có 3 vùng mà vị trí điện cực thất trái có thể hướng vào đó là thành trước bên, bên và sau bên.

Nghiên cứu của chúng tôi áp dụng kết quả của thử nghiệm PROSPECT [23], chúng tôi

cố gắng đưa điện cực vào vùng mất đồng bộ nhiều nhất. Tuy nhiên, thực sự khả năng đưa được điện cực thất trái vào vùng mất đồng bộ nhiều nhất không bao giờ là hoàn toàn đạt được. Lý do là có một số bệnh nhân không có nhánh tĩnh mạch chạy đúng theo vùng mất đồng bộ nhiều nhất hoặc nhiều khi những nhánh tĩnh mạch đến vùng này quá nhỏ. Thống kê về thực hành trên 13 quốc gia ở Châu Âu với hơn 140 trung tâm [24] tiến hành trên 2438 bệnh nhân cho thấy trên thực tế có 43% cấy ở thành bên, 46% cấy ở thành sau bên và 9% cấy ở thành trước. Ngay tại Châu Âu, nghiên cứu này cũng cho thấy có 1% bệnh nhân cấy vào nhánh động mạch vành lớn và 1% cấy ở vùng vách liên thất với điện cực thất trái dù trước đây những nghiên cứu đã cho thấy vùng này có hiệu quả đáp ứng với máy tạo nhịp là thấp [25]. Đây cũng là một thực tế cho thấy việc cố gắng đưa điện cực vào nhánh xoang vành là mục đích của nhiều bác sĩ đặt máy tạo nhịp với hy vọng là có đáp ứng hơn là cố gắng đưa điện cực vào vùng mất đồng bộ nhiều nhất. Trong thực hành, chúng tôi thấy những nhánh thành sau bên thường dễ đưa điện cực hơn là các nhánh ở vùng phía trước bên.

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy với vị trí tạo nhịp ở vùng trước bên có vẻ vượt trội hơn so với các vùng khác (Bảng 2). Trong khi

đó các vị trí còn lại không cho thấy sự khác biệt (Bảng 3;4). Kết quả này cũng tương tự như một số nghiên cứu khác [26-28]. Giải thích điều này là do điện cực thất trái ở vùng này có thể có khoảng cách xa nhất so với điện cực thất phải. Điều này đã được chứng minh trên các nghiên cứu từ những năm đầu thập kỷ trước.

Tuy nhiên, nghiên cứu MADIT-CRT [29], một nghiên cứu lớn hơn với 682 bệnh nhân lại cho một kết quả khác biệt. Nghiên cứu này có 65,1% bệnh nhân điện cực thất trái ở thành bên, 13,6% bệnh nhân điện cực thất trái ở thành bên, 21,3% bệnh nhân điện cực thất trái nằm ở thành trước bên. Nghiên cứu đã cho thấy không có sự khác biệt về vị trí thành bên, trước bên hay sau bên lên tiêu chí đánh giá chính là tử vong và suy tim sau 3 năm theo dõi.

Nghiên cứu MADIT-CRT [29] cũng cho thấy nếu đặt điện cực thất trái ở vùng đáy tim thì vượt trội hơn hẳn so với vùng mỏm cùng với những tiêu chí như trên. Nghiên cứu của chúng tôi cũng cho thấy vùng đáy cải thiện hơn hẳn vùng mỏm trên các thông số Ds, Vs, %D, EF với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$ (bảng 5) sau 6 tháng theo dõi.

KẾT LUẬN

Vị trí tạo nhịp thất trái hiệu quả hơn nếu điện cực nằm ở thành bên và gần vùng đáy.

ABSTRACTS

Objects: We investigated the impact of the left ventricular lead position on the patients with biventricular pacing.

Methods and Results: 55 patients, average age with $56,05 \pm 10,63$ years were implanted CRT devices from 1/2008 to 3/2012. The left ventricular lead position were implanted in 45,5% at lateral, in 36,4% at anterior lateral, in 18,1% at posterior lateral. The left ventricular lead position were implanted in 54,5% at basal and 45,5% at apical. After 6 months follow-up, left ventricular leads located in anterior lateral position was associated with a significantly increased for NYHA ($p=0,03$), Dd ($p=0,04$), Vs ($p=0,04$).

The basal lead position was also associated with an increased for %D ($p=0,03$) and EF ($p=0,03$).

Conclusion: The left ventricular lead in the basal and anterior lateral position were associated with an favourable outcome.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Davis RC, Hobbs FDR, Lip GYH.** History and epidemiology. *BMJ* 2000; 320:39-42.
2. **Ho KKL, Pinsky JL et al.** The epidemiology of heart failure: The Frammingham Study. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 6A-13A.
3. **Haldeman GA, Croft JB, Giles WH et al.** Hospitalization of pts with heart failure: National Hospital Discharge Survey, 1985 to 1995. *Am Heart J* 1999; 137: 352-360.
4. **Abraham WT, Fisher WG et al.** MIRACLE study group. Multicenter InSync Randomized Clinical Evaluation. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002; 346:1845-1853.
5. **Abraham WT, Young JB 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.. *Circulation* 2004; 110:2864-8.
6. **Bristow MR, Saxon LA et al.** Comparison of Medical Therapy, Pacing and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Investigators. Cardiac resynchronization therapy with and without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 2004; 350: 2140-2150.
7. **Cazeau S, Leclercq C et al.** Multisite Stimulation in Cardiomyopathies (MUSTIC) study investigators. Effects of multisite biventricular pacing in pts with heart failure and intraventricular conduction delay. *N Engl J Med* 2001; 344:873-880.
8. **Cleland JG, Daubert JC et al.** Cardiac Resynchronization- Heart Failure (CARE-HF) study investigators. The effect on cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med* 2003; 352: 1539-1549.
9. **Linde C, Leclercq C et al.** Long term benefirs of biventricular pacing in congestive heart failure: Results from the MULTIsite STimulation in cardiacmyopathy (MUSTIC) study. *J Am Coll Cardiol* . 2002; 40: 111-118.
10. **Lozano I, Bocchiardo M et al.** VENTAK CHF/CONTAK CD Investigators study group. Impact of biventricular pacing on mortality in a randomized crossover study of pts with heart failure and ventricular arrhythmias. *PACE* 2000; 23: 1711-1712.
11. **Young JB, Abraham WT et al.** Multicenter InSync ICD Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE ICD) Trial Investigators. Combined cardiac resynchronization and implantable cardioversion defibrillation in advanced chronic heart failure: MIRACLE-ICD Trial. *JAMA* 2003; 289: 2685-2694.
12. **Leclercq C, Walker S, Linde C, Clementy J et al.** Comparative effects of permanent biventricular and right-univentricular pacing in heart failure patients with chronic atrial fibrillation.. *Eur Heart J* 2002; 23: 1780-7.
13. **Garrigue S, Bordachar P, Reuter S et al.** Comparison of permanent left ventricular and biventricular pacing in patients with heart failure and chronic atrial fibrillation: prospective haemodynamic

study.. *Heart* 2002;87:529-34.

14. Linde C, Abraham WT, Gold MR et al. Randomized trial of cardiac resynchronization in mildly symptomatic heart failure patients and in asymptomatic patients with left ventricular dysfunction and previous heart failure symptoms.. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1834-43.

15. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS et al. Cardiac-Resynchronization Therapy for the Prevention of Heart-Failure Events. *NEJM* 2009;361: 1329-1338.

16. Phuoc TT, Tuoc NN, Hung PN. Preliminary experiences of resynchronization therapy for dilated cardiomyopathy in Vietnam. *PACE* 2003, Feb, Vol 26, No 2: 818- p S205.

17. Phạm Như Hùng, Tạ Tiến Phước, Nguyễn Lâm Việt. Tái đồng bộ tim điều trị suy tim tại Viện Tim mạch Việt Nam. Tạp chí Tim mạch học Việt Nam. 2008 Số 50:15-24.

18. Nguyễn Hữu Văn, Đỗ Quang Huân, Phạm Nguyễn Vinh. Kết quả bước đầu điều trị tái đồng bộ bằng tạo nhịp 2 buồng thất tại Viện Tim TP. Hồ Chí Minh. Chuyên đề tim mạch. 2012; Tháng 1:9-12.

19. Huỳnh Văn Minh, Nguyễn Văn Điển, Hoàng Anh Tiến. Bước đầu áp dụng phương pháp tái đồng bộ trong điều trị suy tim tại Bệnh viện Đại học Y Dược Huế. Tạp chí Tim mạch học Việt Nam 2011; Số 59: 367-372.

20. Epstein EA, DiMarco JP et al. ACC/AHA/HRS 2008 guidelines for Device-Based therapy of cardiac Rhythm Abnormalities.; *JACC* .2008;21:1-62.

21. Singh JP, Houser S et al. The Coronary Venous Anatomy. A segmental approach to aid cardiac resynchronization therapy. *JACC* 2005;46:68-74.

22. Heist EK, Fan D, Mela T et al. Radiography left ventricular- right ventricular interlead distance predicts the acute hemodynamic response to cardiac resynchronization therapy. *The Am J Cardiol*; 2005: 96:685.

23. Chung ES, Leon AR, Tavazzi L et al. Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) Trial. *Circulation* 2008; 117;2608-2616

24. Dickstein K, Bogale N, Priori S et al. The European cardiac resynchronization therapy survey. *Eur Heart J* 2009;30:2450-2460.

25. Hanky B, Schulte ES, Vogt J et al. Lead selection and implantation technique for biventricular pacing. *Eur Heart J*; 2004; 6: D112-116.

26. Gasparini M, Mantica M, Galimberti P et al. Is the left ventricular lateral wall the best lead implantation site for cardiac resynchronization therapy? *PACE* 2003;26: 162-8.

27. Saxon LA, Olshansky B, Volosin K, Steinberg JS et al. Influence of left ventricular lead location on outcomes in the COMPANION study. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2009;20:764-768.

28. Derval N, Steendijk P, Gula LJ, et al. Optimizing hemodynamics in heart failure patients by systematic screening of left ventricular pacing sites: the lateral left ventricular wall and the coronary sinus are rarely the best sites. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:566-575.

29. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, et al. MADIT-CRT Trial Investigators. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *N Engl J Med*; 2009; 361:1329-38.