

## 영구형 심박조율기 조율역치의 변화에 대한 임상적 연구

전남대학교 의과대학 내과학교실  
조 정 관 · 강 정 채

= Abstract =

### The Changes in Pacing Threshold of Permanent Endocardial Ventricular Pacemaker

Jeong Gwan Cho, M.D., Jung Chae Kang, M.D.

*Department of Internal Medicine, Chonnam University Medical School*

Serial measurements of the pacing threshold have been considered as essential for follow-up of the patient in whom the pacemaker had been implanted because pacing threshold is directly related to the success of long-term pacemaker therapy and reflects the alterations in electrobiologic factors influencing it. The development of the noninvasive technique of measuring pacing threshold such as Vario system made the noninvasive follow-up of it feasible and therefore has contributed to understanding of long-term threshold behavior.

This study was performed to get the knowledge of acute and chronic pacing threshold behavior by measuring it serially in 46 patients after pacemaker implantation using a non invasive technique of Vario system.

Patients subjected to the present study were 46(18 males, 28 females) comprising 21 sick sinus syndromes, 24 A-V blocks, and 1 combined disorder. All were received a multi-programmable pacemaker of VVI mode (OPTIMA-MP, Telectronics). Pacing threshold was increased significantly from initial threshold( $0.65 \pm 0.22$ ) 2 days after implantation and reached to peak( $1.65 \pm 0.75$  volts) in the fourth week, thereafter it was maintained around twice the initial value. In the 30 patients followed more than 3 months, the maximum increase and difference in pacing thresholds were  $0.86 \pm 0.62$  volts and  $0.93 \pm 0.56$  volts respectively and the ratios of peak threshold and threshold at the end of follow-up to initial threshold were  $2.56 \pm 1.25$  and  $2.30 \pm 1.30$  respectively. Pacing threshold exceeded 2.0 volts in 7 patients(15.2%), but transiently in 3 of 5 patients in whom it happened within 6 weeks after implantation. Safety margins of long-term thresholds were acceptable(more than 3) in all patients at 5.0 volts and 19(63.3%) at 2.5 volts of programmed output.

KEY WORDS : Pacing threshold changes.

## 서 론

심박조율기 조율역치는 심장을 일관되게 계속 흥분시킬 수 있는 최소의 전류, 전압, 또는 에너지를 말하며 심박조율기의 조율 안전성과 수명에 직접적인 영향을 미치므로 중요시 되고 있다<sup>1-4)</sup>.

전자공학의 발달에 힘입어 조율역치를 비관혈적으로 측정할 수 있는 기술이 개발되어 심박조율기 시술 환자의 추적에 유용하게 이용되고 있다.

심박조율기 시술 후 조율역치가 어떻게 얼마나 변하는가에 대한 충분한 이해없이 성공적인 심박조율을 보장할 수 없을 것이나 이에 대한 국내에서의 연구는 많지 않다.

저자들은 영구형 심박조율기 시술 후 조율역치의 급성 및 만성 변화양상을 알아보기 위하여 조율역치를 비관혈적으로 측정할 수 있는 Vario체계를 이용하여 심박조율기 시술 환자의 조율역치를 추적 관찰하였다.

## 관 찰 대 상

1985년 1월부터 1989년 8월까지 전남대학교병원 순환기 내과에서 영구형 심박조율기를 시술받은 68예 중 조율역치의 추적 관찰이 가능하였던 46예를 대상으로 하였다. 대상환자 46예는 남자 18예, 여자 28예이었고 나이는 18세에서 82세까지 분포하였으며 평균 54.4(표준편차 16.7)세이었다(표 1).

심박조율기 시술의 원인질환은 방실전도 장애가 24예, 동기능부전증이 21예, 그리고 이들이 복합된 경우가 1예이었다(표 2). 사용된 자극 생성기는 프로그램 가능 VVI형 단극 자극생성기(OPTIMA-MP, Teletronics Pty.)이었고 사용된 전극은 Teletronics사의 solid tip 2예, porous tip 44예 등이었다(표 3).

## 방 법

조율역치는 시술 당시에는 조율역치 분석기(RS-3 threshold analyser, Teletronics Pty.)를 이용하

Table 1. Age and sex distributions of the subjects

Age(years)	Male	Female	Total(%)
~29	2	5	5(10.9)
30~39	2	0	2(4.3)
40~49	2	6	8(17.4)
50~59	2	9	11(23.9)
60~69	7	6	13(28.3)
70~	5	2	7(15.2)
Total	18	28	46(100.0)
Mean±SD	61.6±13.5	49.8±17.0	54.4±16.7

Table 2. Rationales of pacemaker implantation

	Male	Female	Total(%)
Sick sinus syndrome	5	16	21(45.7)
A-V block	12	12	24(52.2)
2nd degree	4	3	7
Complete	8	9	17
Combined	1	0	1(2.2)
Total	18	28	46(100.0)

Table 3. Characteristics of the implanted pacemaker systems

Generator
VVI mode, unipolar
Lead
Solid tip-2
Porous tip-44
*42 dish shape

여 측정하였고 추적 검사시에는 OPTIMA-MP programmer을 이용하여 측정하였다. 환자를 일반 안정심전도 기록시와 같이 바로 눕게한 후 programmer로 심박조율기의 Vario 기능을 켜주고 programmer에 달려 있는 것이나 별도로 있는 자석을 심박조율기 위에 올려 놓아 Vario 기능을 작동시킨다. Vario 기능이 작동되면 32개의 비동시성 자극으로 조율하게 되는데 이중 나중 16개가 Vario 검사과정으로 조정된 출력을 16분의 1씩 줄여서 마지막이 0이 되도록 조율한다. Vario 검사과정의 끝인 0 volt 조율은 spike가 커지고 넓어지며

극성이 반대로 되어 쉽게 식별할 수 있으며 조율역치(volts)는 이 0전압 조율로부터 거슬러 올라가며 심장에 포획되지 않은 조율 흔적의 갯수를 세고 이것에 심박조율기 출력이 10 volts이면 0.6, 5 volts이면 0.3, 2.5 volts이면 0.15를 곱하여 구하였다(그림 1).

조율역치의 최대증가(max-I)는 추적기간중 조율역치의 최고치를 시술 당시의 조율역치로 빼 값으로 하였고 최대 변화폭(max-D)은 추적기간중의 최고치와 최저치의 차이로 하였다.

각 추적기간에 있어서 조율역치의 변화에 대한 유의성 검정은 unpaired student t-test로 하였고 p 값이 0.05이하이면 유의성을 인정하였다.

관찰 성적

1) 각 추적기간에 있어서 조율역치는 시술 당시  $0.64 \pm 0.22V$ , 시술 후 첫 2일  $0.86 \pm 0.59V$ , 3~6일 사이  $1.18 \pm 0.65V$ , 2주째  $1.20 \pm 0.67V$ , 3주째  $1.45 \pm 0.82V$ , 4주째  $1.65 \pm 0.75V$ , 2개월째  $1.25 \pm 0.60V$ , 3개월째  $1.15 \pm 0.52V$ , 4~6개월사이  $1.35 \pm 0.59V$ , 7~12개월사이  $1.29 \pm 0.44V$ , 2년째  $1.36 \pm 0.58V$ , 3년째  $1.11 \pm 0.66V$ 로 시술 후 3~6일 사이에서부터

유의하게 증가하기 시작하였고 4주째에 최고에 이르렀으며 이후에 감소되어 시술 당시 조율역치의 2배 정도로 유지되었다(표 4, 그림 2).

2) 3개월이상 추적이 가능했던 30예에서 조율역치의 최대 증가는  $0.86 \pm 0.62V$ , 최대 변화폭은  $0.93 \pm 0.56 V$ 이었고, 추적 종료시 조율역치는  $1.27 \pm 0.52 V$ 이었으며 조율역치의 최고치와 추적 종료시 조율역치의 시술 당시의 조율역치에 대한 비는 각각  $2.56 \pm 1.25$ ,  $2.30 \pm 1.30$ 이었다(표 5).

3) 조율역치가 2.0V를 초과한 경우는 7예(15.2%)가 있었으며 이중 5예는 첫 6주 이내에 발생하였고 나머지 2예는 12개월 및 22개월째에 발생하

Table 4. Threshold changes in each follow-up periods

	D0	D1 -	D3 -	W1 -	W2 -	W3 -	W4
Mean	0.64	0.86	1.18	1.20	1.45	1.65	
SD	0.22	0.59	0.65	0.67	0.82	0.75	
	W4 -	M2 -	M3 -	M6 -	Y1 -	Y2 -	
Mean	1.25	1.15	1.35	1.29	1.36	1.11	
SD	0.60	0.52	0.59	0.44	0.58	0.66	

D : day, W : week, Y : year

Pacing output : 5.0V

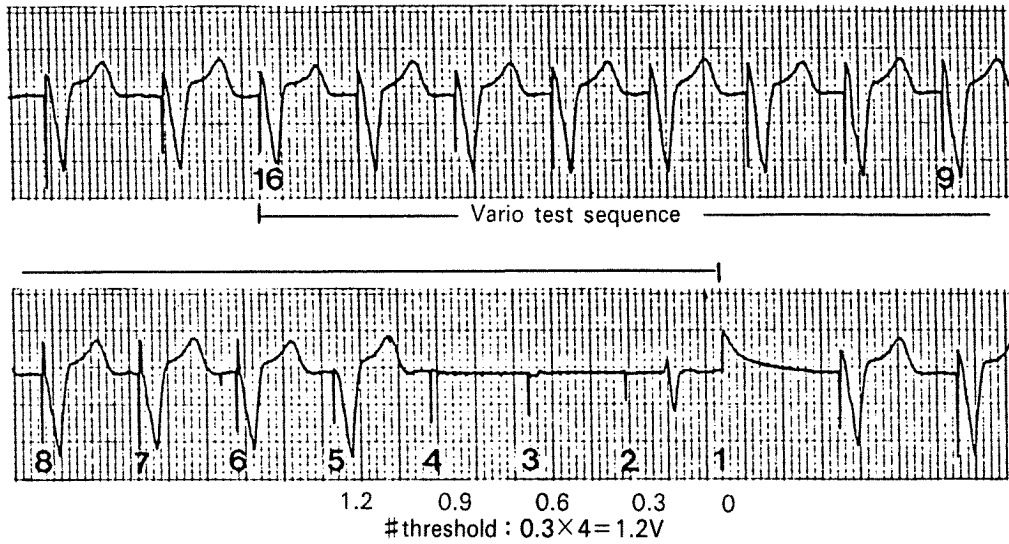


Fig. 1. Measurement of pacing threshold by Vario system. An example.

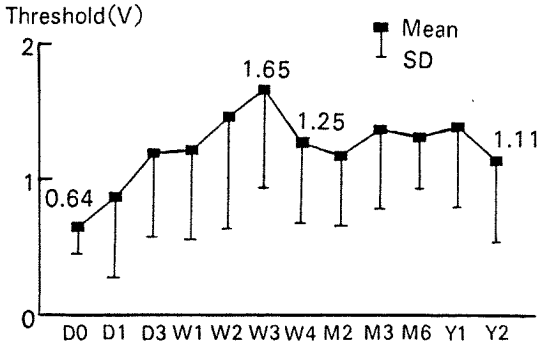


Fig. 2. Threshold changes in each follow-up periods.

였다. 첫 6주 이내에 발생한 5예중 3예에서는 추적기간중에 2.0V미만으로 조율역치가 복귀되었으나 나머지 예들에서는 2.0V이상으로 지속되었다(표 5).

4) 3개월이상 추적된 장기 조율역치가 심박조율기 출력에 따른 적정 안전대역(3이상)을 만족한 경우는 출력을 5.0V로 하였을 때는 30예(100%), 2.5V로 하였을 때는 19예(63.3%)이었다(표 6).

## 고 안

조율역치는 심장을 일관되게 흥분시킬 수 있는 전기적인 자극의 최소치를 말하는데 이를 기술하는 데는 여러 가지 변수들이 사용되고 있다. 조율역치를 기술하는데 사용되고 있는 변수들은 전류,

Table 6. Adequacy in safety margin of longterm thresholds

Pacemaker output	Adequate threshold*	Number of patients(%)
5.0V	$\leq 2.8V$	30(100)
2.5V	$\geq 1.4V$	19(63.3)

\*Adequate threshold is the threshold of which energy is less than a third that of pacemaker output.

전압, 에너지, 전하, 전류밀도, 자극기간 등이며 이중 전류가 가장 많이 사용된 변수이다<sup>3,4)</sup>. 그러나, 근래에는 전극위치의 적정성 및 전극유도의 완전성(integrity)에 대한 값있는 정보를 제공하며 전극의 표면적에 비교적 영향을 받지 않으며 임상上使用되고 있는 대부분의 영구형 심박조율기가 항전압 자극발생기로서 심박조율기출력이 실제로 전극에 가해지는 전압과 일치한다는 점 등으로 역치의 단위로 전류보다 전압이 더 권장되고 있다<sup>4)</sup>.

심박조율기의 조율역치는 전극의 위치, 성숙정도, 표면적, 모양, 사용된 금속, 조율전극의 극성 및 갯수, 자극기간, 약물, 전해질 균형 등에 의해 결정되고 또한 변화한다고 한다<sup>1,5-7)</sup>. 이들 인자중에서 전극의 위치는 심박조율의 성패를 좌우하는 것으로 시술 당시 시술자의 손과 마음에 의해 결정되므로 시술자는 가능한 여러 곳에서의 조율역치를 비교 평가하여 가장 좋은 곳에 전극을 위치

Table 5. Summary of threshold changes during follow-up periods

	Max-I (V)	Max-D (V)	Vend (V)	Vpeak/Vi ratio	Vend/Vi ratio
Mean	0.86	0.93	1.27	2.56	2.30
SD	0.62	0.56	0.52	1.25	1.30
Range	-0.7-2.6	0.3-2.6	0.5-2.4	0.6-8.0	0.6-8.0
Threshold > 2.0V	7/46(15.2%)				
early onset( $\leq 6$ weeks)	5(71.4%)				
transient	3				
persistent	2				
late onset(12th month, 22nd month)	2(28.6%)				
persistent	2				

Max-I(D) : maximum increase(difference) of threshold, Vi(peak) : initial(peak) threshold, Vend : threshold at the end of follow-up above 3 months(30 cases)

시켜야 한다고 강조되고 있다<sup>1,8)</sup>. 시술 당시의 조율역치는 그대로 고정되는 것이 아니고 여러 인자들의 영향을 받아 변한다고 하는데 조율역치의 변화는 시술 후 3~4주 동안에 특히 현저하다고 알려져 있다<sup>2)</sup>. 이는 전극이 정상적으로 성숙되는 기간으로 조율역치가 급격히 상승하며 성숙과정을 거친 후에는 시술 당시 조율역치의 2~3배 수준으로 유지된다고 보고되고 있다<sup>1,2,9)</sup>. 성숙과정시 관찰되는 조율역치의 상승 정도는 전극의 표면적에 반비례한다고 한다<sup>1)</sup>.

심박조율기 시술 후 조율역치의 측정은 현재 임상에서 사용되고 있는 것과 같은 비관혈적인 방법이 개발되기 전에는 전극을 외과적으로 노출시키거나, 시술 당시 밖으로 빼놓은 별도의 전극 유도를 이용하거나, 피부전극 또는 주사침을 이용하여 측정하였으므로 임상에서 불편화 되지 못하였다<sup>10,11)</sup>. 오늘날에는 비관혈적으로 조율역치를 측정할 수 있는 방법이 많이 개발되어 있다. 이들 중 Vario 체계는 1973년 Meibom에 의해 개발된 조율역치의 비관혈적인 측정방법으로 현재는 Siemens-Elm, Telectronics, Vitatron, Medical사 등의 프로그램 가능형 심박조율기에 채택되어 있다<sup>12,13)</sup>. 조율역치를 비관혈적으로 측정할 수 있는 방법들이 심박조율기의 한 기능으로 채택되면서 심박조율기 시술환자에서의 조율역치의 추적관찰이 매우 쉽게 되었으며 시술 후 추적중에 얻은 조율역치는 시술 후 조율역치의 일반적인 변화양상을 이해하는 데는 물론 전극위치의 변동, 전극유도의 절단 등의 조기진단, 심박조율기 출력의 적당한 선택에 의한 안전한 조율의 보장 및 자극생성기 수명의 연장, 새로운 전극유도의 기능을 평가하는 데에 매우 유용하게 이용되고 있다<sup>13)</sup>.

본 연구에서 시술 당시의 조율역치는  $0.64 \pm 0.22$  V이었으나 시술 후 상승하여 4주째에는  $1.65 \pm 0.75$  V로 최고에 이르렀다. 이와같은 소견은 시술 1주 후에 최고에 이르렀다고 하는 보고와는 달랐으나 본 연구와 같은 심박조율기와 조율역치 측정방법으로 연구하여 시술 후 3주째에 최고에 이르렀다고 한 조등<sup>14)</sup>과는 비슷한 소견이었다. 심박조율기 시술 후 초기에 조율역치가 상승하는 것은 전극과 접촉하고 있는 심내막과 주위 심근의 국소조

직변화에 기인된다고 한다<sup>15)</sup>. 이 국소조직 변화는 일종의 이물반응(foreign body reaction)으로 일련의 과정을 거쳐 결국에는 심내막과 심근이 섬유화되고 심내막이 비후되며 전극을 둘러싸는 섬유성 피막이 형성되는 것이다<sup>5)</sup>. 조율역치는 최고로 시술 당시 조율역치의 2.56배까지 상승하여 추적 종료시에는 시술 당시 조율역치의 2.3배로 유지되었다. 이와같은 소견은 다른 보고들과 일치되는 소견이었다<sup>1,6)</sup>. 추적기간 중 관찰된 조율역치의 최대 상승폭과 최대 변화폭은 각각 0.86V, 0.93V이었으나 2V이상 상승한 경우도 2.6V 상승한 1예, 2.0V 상승한 1예 등 2예 있었다. 이 중 2.6V 상승한 예는 시술 3년째에도 조율역치가 2.4V로 상승되어 있었으나 2.0V 상승한 예는 통상적인 조율역치의 급성 변화양상을 보이며 감소되어 1.5V로 유지되었다. 또한 조율역치가 추적중에 2.0V를 초과한 경우는 7예(15.2%)가 있었는데 시술 6주 이내에 발생한 경우가 5예(71.4%), 12개월과 22개월째에 발생한 경우가 각각 1예씩이었다. 이들 예중에서 시술 6주 이내에 발생한 경우에서만 3예가 추적기간 중에 2.0V이하로 환원되었다. 조율역치가 2.0V를 초과한 예들에서 조율역치의 과도한 상승을 설명할 만한 전신질환, 약물복용, 전극유도의 육안적 변화 등은 발견할 수 없었다. 따라서, 6주 이내에 발생한 예중 저절로 2.0V 이하로 복귀된 경우는 전극의 정상 성숙과정의 과장이, 그리고 나머지 예들의 경우는 전극 위치의 현미경적 이동이 주요 원인기전으로 생각되었다.

심박조율의 안전대역(safety margin)은 조율역치에 대한 심박조율기 출력의 비의 제곱으로 계산되며 이 안전대역이 3이상 되어야 보다 안전한 조율을 보장할 수 있다고 추천되고 있다<sup>3)</sup>. 저자들의 경우에는 출력을 5V로 할 경우에는 전 예가 이 조건을 만족하였고 2.5V로 낮출 경우에도 63.3%가 이 조건을 만족하여 이들 예에서는 출력을 조절함으로써 안전한 조율을 확보함과 동시에 심박조율기 수명의 연장을 꾀할 수 있었다. 이와같이 조율역치를 Vario 체계와 같은 비관혈적이고 간편한 방법을 이용하여 추적관찰하여 조율역치가 일정한 수준으로 안정되면 안전대역을 고려하여 심박조율기 출력을 적절히 조절해 주는 것은 심박조율기

치료에 있어서 매우 중요한 과정으로 생각되었다.

## 결 론

영구형 심박조율기 시술 후 조율역치의 장기적인 변화 양상을 알아보기 위하여 전남대학교병원 순환기 내과에서 영구형 심박조율기를 시술받은 환자중 추적기 가능했던 46예를 대상으로 Vario 체계를 이용한 비관혈적인 방법으로 조율역치를 추적 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 시술 당시  $0.64 \pm 0.22V$ 였던 초기 조율역치는 시술 3일째에서 6일째사이에서부터 유의하게 증가하기 시작하여 4주째에는  $1.65 \pm 0.75V$ 로 최고에 이르렀고 이후에는 점차 감소하여 시술 당시의 2배 정도로 유지되었다.

2) 3개월이상 장기 추적환자에서 조율역치의 최대 증가폭과 최대 변화폭은 각각  $0.86 \pm 0.62V$ ,  $0.93 \pm 0.56V$ 이었고, 추적 종료시 조율역치는  $1.27 \pm 0.52V$ 이었다. 시술 당시 조율역치에 대한 조율역치의 최고치와 추적 종료시 조율역치의 비는 각각  $2.56 \pm 1.25$ ,  $2.30 \pm 1.30$ 이었다.

3) 추적기간 중에 조율역치가 2.0V를 초과한 경우는 7예(15.2%)가 있었고 이중 5예는 시술 후 첫 6주간에 발생하였다. 3예에서 조율역치가 2.0V 이하로 저절로 환원되었는데 모두 시술 후 6주 이내에 발생한 예들이었다.

4) 장기 조율역치가 에너지 안전대역 3이상의 조건을 만족한 경우는 심박조율 출력을 5.0V로 하였을 때는 30예(100%), 2.5V로 하였을 때는 19예(63.3%)이었다.

## References

- 1) Furman S, Hurzeler P, Mehra R : Cardiac pacing and pacemakers IV. Threshold of cardiac stimulation. *Am Heart J* 94 : 115, 1977
- 2) Luceri RM, Fuman S, Hurzeler P, Escher DJW : Threshold behavior of electrodes in long-term ventricular pacing. *Am J Cardiol* 40 : 184, 1977
- 3) Barold SS, Winner JA : Techniques and significance of threshold measurement for cardiac pa-

cing. *Chest* 70 : 760, 1976

- 4) Preston TA, Barold SS : Problems in measuring threshold for cardiac pacing. *Am J Cardiol* 40 : 658, 1985
- 5) Brandt J, Schuller H : Inverse relation between patient age and chronic stimulation threshold in permanent endocardial ventricular pacing. *Am Heart J* 109 : 816, 1985
- 6) Hughes HC, Tyers FO, Torman HA : Effects of acid-base imbalance on myocardial pacing thresholds. *J Thorac Cardiovasc Surg* 69 : 743, 1975
- 7) Preston TA, Fletche RD, Lucchesi BR, Judge RD : Changes in myocardial threshold. Physiologic and pharmacologic factors in patients with implanted pacemakers. *Am Heart J* 74 : 235, 1967
- 8) Mond HG : The cardiac pacemaker : Function and malfunction. p209, New York, Grune & Stratton, 1983
- 9) Furman S, Hurzeler P, Parker B : Clinical thresholds of endocardial cardiac stimulation : a long term study. *J Surg Res* 19 : 149, 1975
- 10) Nathan DA, Lister JW, Keller JW, Castillo R, Gosselin AJ : Percutaneous access to implanted electrodes. *Am J Cardiol* 27 : 397, 1971
- 11) Center S, Tarjan P : Measurement of cardiac stimulation threshold by transcutaneous needle puncture. *J Thorac Cardiovasc Surg* 61 : 752, 1971
- 12) Meibom J : Vario pacemaker. An implantable pacemaker especially developed for an easy check. In : Thalen HJ Th, ed. Cardiac pacing. Proceedings of the IVth International symposium, Groningen van Gorcum, Netherlands, 1973, p300
- 13) Mond HG : The cardiac pacemaker : Functions and malfunction. p251, New York, Grune & Stratton, 1983
- 14) 조명찬 · 남현석 · 오병희 · 박영배 · 최윤식 · 이영우 : Vario system에 의한 영구형 심박조율기의 pacing threshold 측정에 관한 연구. 대한내과학회 잡지 31 : 740, 1986
- 15) Huang TY, Baba N : Cardiac pathology of transvenous pacemakers. *Am Heart J* 83 : 469, 1972