Original Articles Korean Circulation J 1998;28(5):768-773

영구형 항서맥 심박조율기 환자의 장기추적관찰

서울대학교 의과대학 내과학교실,[1] 단국대학교 의과대학 내과학교실[2]
최현석[1] · 이무용[1] · 최영진[1] · 최성준[1] · 김효수[1] · 손대원[1]
오병희[1] · 이명묵[1] · 박영배[1] · 최윤식[1] · 이영우[1] · 이명용[2]

Long-term Follow-up of the Patients with Permanent Antibradycardia Pacemaker

Hyun-Suk Choi, MD[1], Moo-Yong Lee, MD[1], Young-Jin Choi, MD[1], Seong-Choon Choe, MD[1], Hyo-Soo Kim, MD[1], Dae-Won Sohn, MD[1], Byung-Hee Oh, MD[1], Myung-Mook Lee, MD[1], Young-Bae Park, MD[1], Yun-Shik Choi, MD[1], Young-Woo Lee, MD[1] and Myung Yong Lee, MD[2]

[1]Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul,
[2]Department of Internal Medicine, College of Medicine, Tankuk University, Cheonan, Korea

ABSTRACT

Background: Antibradycardia pacemaker is one of the treatment modalities for bradyarrhythmia. We present the clinical results of 440 implantations of permanent pacemaker between August 1984 and December 1997 at Department of Internal Medicine in Seoul National University Hospital. **Method**: We investigated the indication of permanent pacing, the pacing modes, the complications of permanent pacing, and the chronic pacing threshold. **Result**: The study was comprised of 440 patients (M/F: 179/261, mean age: 59±12 years, 58±14 years, respectively). Indications of the primary pacemaker implantations were sinus node dysfunction in 53% and atrioventricular conduction disorders in 47%. Twelve percent of total pacemaker procedures were pulse-generator replacements. Pacing modes were VVI in 59.1%, VVIR in 10.2%, DDD in 30.2%, and others in 0.5%. Complications developed in 21 cases (4.8%) during long-term follow-up. They included 8 cases of pacing failure due to increased pacing threshold, 2 cases of early power depletion, 2 cases of lead dislodgement, 6 cases of lead fracture, 3 cases of skin erosion, 3 cases of hematoma, 3 cases of infection, and 1 case of skeletal muscle stimulation. Chronic pacing thresholds at pacing width of 0.5 msec were 1.9±0.4 V for the epicardial ventricular leads (n=11), 1.3±0.5 V for the endocardial ventricular leads (n=36), and 1.1±0.2 V for the atrial leads (n=4) after 7 to 10 years of implantation. **Conclusion**: Sinus node dysfunction was the more common indication than atrioventricular block for the antibradycardia pacemaker implantation. Long-term follow-up of the pacemaker patients would be very useful to detect the pacing system abnormalities and to maximize the battery longevity by adjustment of pacing output according to the level of chronic pacing threshold. **(Korean Circulation J 1998;28(5):768-773)**

KEY WORDS: Permanent pacemaker · Complication · Chronic threshold.

서 론

부정서맥 치료의 근간이 되고 있는 항서맥 심박조율기는 1958년에 처음 수술후[1)] 계속 발전하면서 정맥을 통해 전극선을 삽입하는 것이 보편화되고 수술에 따른 위험부담도 감소되어 시술이 증가되어 왔다. 오늘날 심

논문접수일 : 1998년 2월 17일
심사완료일 : 1998년 5월 21일
교신저자 : 최윤식, 110 - 744 서울 종로구 연건동 28 서울대학교 의과대학 내과학교실
전화 : (02) 760 - 2224 · 전송 : (02) 762 - 9662

박조율기시술은 X선 투시장치와 심전도를 관찰할 수 있는 시설만 있으면 가능하기 때문에 많은 병원에서 시행하고 있다.

부정서맥의 자연경과에 대해서 더욱 많은 지식이 쌓이고 심박조율기가 발전하면서 심박조율기시술에 대한 적응증도 시대에 따라 변해왔으며, 심박조율기 시술을 하기로 일단 결정을 한 다음에도 어떤 종류의 심박조율기를 선택할 것인가하는 문제에 부닥치게 된다. 초기의 심박조율기는 조율기능밖에 없어서 선택의 여지가 없었으나 새로운 기능을 가진 심박조율기가 계속 개발되면서 심박조율기의 종류 및 작동기전도 매우 복잡해지고 선택의 폭도 넓어지고 있다.

심박조율기 환자에서 심박조율기의 수명에 많은 요인이 영향을 미치지만 조율출력을 낮게 유지하는 것이 가장 중요하며, 조율출력은 조율역치에 의해서 정해지게 된다.

저자들은 서울대학교병원 내과에서 항서맥 심박조율기 시술을 시행한 환자들을 대상으로 적응증과 심박조율기의 종류를 분석하고, 심박조율기 시술에 따른 합병증을 장기 추적관찰하고, 심박조율기교체가 필요했던 환자들에서 조율역치를 측정하여 분석하였다.

대상 및 방법

1984년 8월부터 1997년 12월까지 서울대학교병원에 내원하여 항서맥 심박조율기 시술을 받은 440명을 대상으로 연령분포 및 심박동기 시술을 하게된 적응증과 심박조율기의 종류를 연도별로 조사하였다. 심박조율기 시술후 3개월내지 12개월간격으로 외래에서 심박조율기의 합병증 및 기능이상을 관찰하였다. 심박조율기교체수술을 했던 47명을 대상으로 전극선의 사용기간과 조율역치를 측정하였다.

결 과

항서맥 심박조율기의 장기추적결과는 다음과 같다.

1) 항서맥 심박조율기 대상환자 440명중 남자는 179명이었고 여자는 261명이었으며 평균나이는 남여 각각 59±12세와 58±14세이었다.

2) 심박조율기 시술을 한 440례중 처음으로 영구형 심박조율기 수술을 하였던 환자들은 388례이었으며 시술시의 진단은 동기능부전증후군이 206례(53%), 방실차단이 182례(47%)이었다. 그리고 재시술이 52례(전체 440례중 12%)이었다(Table 1, Fig. 1).

3) 심박조율기는 VVI형이 260례(59.1%), VVIR형이 45례(10.2%), DDD형이 133례(30.2%), 기타 2례(0.5%, DDDR형이 1례, AAI형이 1례)이었다(Fig. 2).

4) 심박조율기의 합병증은 21례(4.8%)에서 있었으며, 조율역치의 상승 8례(심방 4례, 심실 5례), 심박조

Table 1. Indications for primary pacemaker implantation

Sick sinus syndrome	206(53%)
Atrioventricular block	182(47%)
Second degree AV block	3
High grade AV block	25
Complete AV block	154

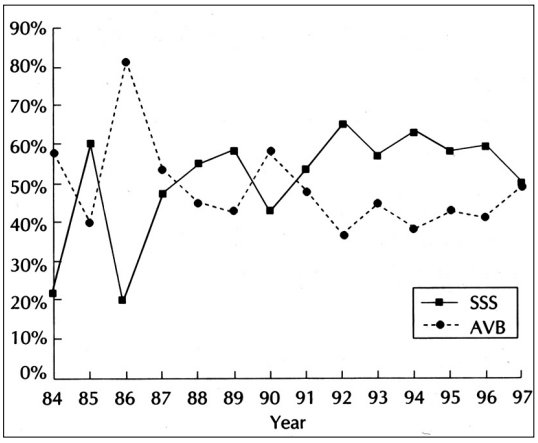

Fig. 1. Trend in distribution of indications for primary pacemaker implantation since 1984. SSS=Sick sinus syndrome ; AVB=Atrioventricular block

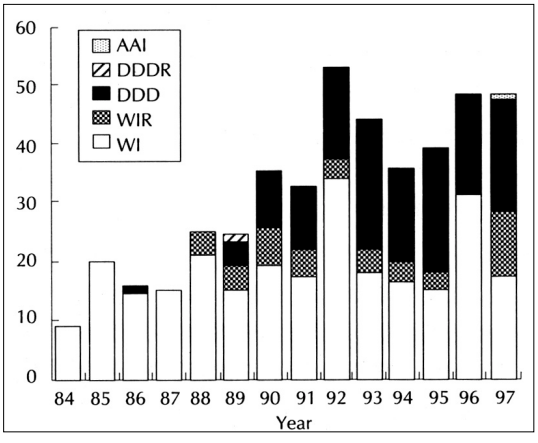

Fig. 2. Number of permanent pacemaker implantation and pacing modes.

Table 2. Complications of permanent pacing

Complication	Case No.
Pacing failure due to increased threshold (atrium : 4, ventricle : 5)	8
Early depletion of pulse generator	2
Electrode dislodgement	2
Electrode fracture	6
Skin erosion	3
Hematoma	3
Infection	3
Skeletal muscle stimulation	1

율기 전원의 조기고갈 2례, 전극선이동 2례(심방 1례, 심실 1례), 전극선 파손 6례(심방 1례, 심실 5례), 피부미란 3례, 혈종 3례, 감염 3례, 근육자극 1례이었다(Table 2).

5) 심박조율기 교체수술을 하였던 환자중 장기 조율역치는 47례(우심실심내막 전극선 36례, 심실심외막 전극선 11례, 우심방 전극선 4례)에서 측정하였다. 조율자극폭 0.5 msec에서 측정한 전극선의 평균 장기조율역치는 우심실 심내막 전극선은 시술후 7.4±2.2년에 1.3±0.5 V, 심실심외막 전극선은 시술후 10.5±1.8년에 1.9±0.4 V, 심방 전극선은 시술후 7.3±1.7년에 1.1±0.2 V이었다.

고 안

심박조율기의 적응증

1960년대의 심박조율기 적응증은 오직 방실차단으로 인한 Stokes - Adams증후군이었으나 최근 증상을 호소하거나 돌연 심장사의 위험성이 있는 부정서맥이나 부정빈맥 환자에게 심박동기는 널리 사용하고 있다. 실신 증상을 보이는 완전방실차단 환자들의 수명을 영구형 심박조율기로 증가시킬 수 있다는 것은 이미 70년대에 알려졌다.[2)3)] 동기능부전증후군 환자의 사망률은 현재까지는 심박조율기 치료여부와 관련이 적은 것으로 알려져 있지만 서맥으로 인한 증상을 호전시키므로[4)] 현재 심박조율기가 시술되는 질환은 크게 방실차단과 동기능부전증후군이다.

부정맥의 자연경과에 대한 임상적 경험이 쌓이게 되고 심박조율기의 기능이 발전하면서 그 적응증도 같이 바뀌게 되었다. 심박조율기의 적응증 및 종류에 대한 전국적인 조사가 정기적으로 이루어지고 있는 미국의 경우를 보면, 70년대에는 동기능부전증후군과 방실차단이 각각 20 40%와 60 80%를 차지하던 것이 80년대에는 각각 40 50%와 50 60%로 바뀌었다.[5)] 본원의 경우를 보면, 80년대와 90년대사이에 적응증에서 큰 차이는 없었고, 동기능부전증후군과 방실전도 장애가 각각 53%와 47%로 동기능부전증후군이 약간 많았다.

최근 심박조율기의 기능이 발전하면서 심박조율기의 적응증은 확대되어가고 있다. 심근병증, 심방세동, QT 연장 증후군, 심장이식, 혈관미주신경성 실신 등에서 좋은 결과를 보고하고 있는데[6)] 아직까지는 논란의 여지가 많다. 한편 심방세동 환자에서 약물로 조절이 어려운 빠른 심실박동을 조절하기 위하여 히스속 라디오주파절제술이 최근 이용되는데, 이탈성 접합부 율동(escape junctional rhythm)이 적절하지 못할 때, 영구형 심박조율기가 필요하다. 본원에서 최근 히스속 라디오주파절제술과 심박조율기 수술후 1 40개월간 경과관찰한 환자들에서 증상 개선효과는 뚜렸하였으나 앞으로 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.[7)]

심박조율기의 종류

영구형 항서맥 심박조율기는 1958년에 처음 시술된 이래[1)] 1965년 처음으로 정맥을 통해서 심박조율기시술이 성공되었고, 1970년대부터 방실연속조율기(atrioventricular sequential pacemaker)가 이용되기 시작하였고, 1980년대부터는 심박반응형 심박조율기(rate adaptive pacemaker)가 임상적으로 이용되기 시작하였다.[8)] 그러나 VVI형 심실 조율기는 심실만 조율하고 감지하기 때문에 가장 간단하고 안정성이 높으며 절대적인 금기증이 없어 모든 서맥 환자에서 사용할 수 있으므로 가장 많이 시술되는 조율 형태이다. 방실연속조율기는 심실조율기에 비해 보다 생리적이므로 혈역학적인 상태, 운동능력에 대한 효과가 좋아 환자의 만족도가 큰 반면, 비용이 많이 들고 시술 및 추적관찰이 복잡하고 전지의 수명이 짧다는 단점이 있다. 동기능부전증후군 환자에서 심방조율과 심실조율을 장기적으로 전향적 추적관찰한 바[9)] 생리적인 심방조율이 심실조율보다 환자의 수명, 심방세동의 발생, 혈전색전증, 심부전증, 등에서 좋은 결과를 보여 심방세동이 아니면 생리적인 심방이나 방실연속 조율이 동기능부전증후군 환자에서 바람직한 조율형이다.

방실연속조율은 정상인에서 심박출량을 20 30% 증가시키지만, 운동시에는 심박출량을 증가시키는데 방실연속조율보다는 심박동수 증가가 더욱 중요하다.[10] 심박동수가 나이에 따른 예상 최대심박수의 70%이상 도달하지 못할 때, chronotropic incompetence가 있다고 하며 심박조율기 수술이 필요한 환자의 50%정도에서 관찰할 수 있다.[11] 심박반응형 심박조율기는 chronotropic incompetence가 있는 환자에서 운동시 심박동수를 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

심박조율기 수술시 심박조율기는 일반적으로 적응증 및 기타 동반된 질환, 동결절의 기능, 발작성 빈맥의 발생, 환자의 전반적인 건강 상태 및 활동성 등에 따라 선택된다.[11] 본원에서는 VVI형이 59.1%, DDD형이 30.2%이었고, 심박반응형 VVI형(VVIR)이 10.2%이었다. 국내 다른 병원에서의 보고에 따르면 80년대 중반까지는 VVI형이 80%를 차지했지만 최근 97년에 조사한 것은 DDD, VDD, AAI형이 68%를 차지하였다.[12][13] 미국의 통계를 보면 시대에 따른 변화를 뚜렷이 알 수 있다. 80년대초반에 10%이내에 불과한 방실연속조율기가 80년대말이 되면서 30%로 증가하였다.[5] 심박동기가 발전하고 심박조율기시술의 경험이 축적되면서 보다 생리적인 심박동을 시도려 경향이 있음을 알 수 있다. 또한 시술자의 경험 등에 의해서도 많은 영향을 받아 흉부외과의사가 수술하게 되면 VVI형을 더 선호한다는 연구 결과도 있다.[5]

심박조율기의 합병증

심박조율기의 합병증은 크게 2가지 범주로 나누어 생각할수 있는데, 하나는 심박조율기능과 관련된 문제이고 다른 하나는 심박조율기 및 전극선과 관련되어 생기는 문제이다.

심박조율기의 조율기능이나 감지기능의 장애를 일으킬 수 있는 원인으로는 전원의 고갈(battery depletion), 전극선의 파손이나 변위, 전극선의 역치 상승 등이 있다. 심내막에 전극선을 이식한 후 조율역치는 조기에는 상승하다가 점차 감소하여 수개월이내에 안정되는 것으로 알려져있는데[14] 전극선 이식후 비교적 초기에 급격히 역치가 상승하여 전극선의 위치를 바꾸거나 새로운 전극선으로 대치해야되는 경우가 저자들의 환자중 8례 있었는데, 심실 전극선 5례 모두가 심박조율기시술 1 4개월째에 진단되었고, 심방 전극선 3례는 시술 1주일째에, 나머지 1례는 시술 6개월째에 진단되었다. 이는 전극선의 위치를 재조정함으로써 해결되었는데, 그럼에도 계속 역치가 높았던 심실 전극선 2례와 심방 전극선 1례는 전극선을 새 것으로 교체하였다. 조율역치의 상승은 대부분 수술후 4개월이내에 발생하므로 수술후 4개월이내는 조율상태를 자주 점검해 보는 것이 필요하다. 심박조율기전원이 예상하지 못하게 갑자기 고갈되는 경우가 2례가 있었으며 새로운 심박조율기전원으로 교체하였다. 과거에 흔한 합병중중의 하나는 전극선의 변위(displacement)였는데, 최근의 전극선은 말단부위에 tine이나 fin이 있어 심근의 trabecula에 고정이 잘 되며, atrial J lead 등으로 변위의 위험성은 아주 드문 일이 되었다. 전극선의 변위 때문에 전극선의 위치조정이 필요했던 경우는 2례가 있었는데 심실 전극선과 심방 전극선이 각각 1례로 시술후 1개월에 발견되었다. 전극선의 파손(fracture)은 심박조율기능에 이상을 일으키며 전극선의 파손은 심박조율기와의 연결부위, 전극선의 이동을 방지하기 위한 봉합부위, 정맥입구, 쇄골을 지나는 부위, 혈관내 등에서 발생할 수 있다.[15]

피부미란은 심박조율기전원 부위에 만성조직허혈, 외상, 혈종, 삼출액 등으로 지방조직이 소실되고 피부가 얇아져서 발생하며 때로 터져서 심박조율기가 노출되기도 한다.[16] 심박조율기가 노출되어 심박발생기 및 전극선을 같이 치환해야했던 경우가 2례 있었고, 심박조율기를 덮고 있는 피부가 얇아지고 색깔이 변하여 심박조율기의 위치를 재조정했던 경우가 1례 있었다. 혈종은 수술부위의 동맥이나 정맥이 출혈하거나 심부전으로 우심방압이 증가하여 전극선주위를 따라 정맥혈이 pocket으로 들어와 형성되며 항혈소판제제나 항응고치료를 하고 있는 환자들에게 흔히 발생하므로 특별한 주의가 필요하다.[16] 저자들의 환자중 계속 혈종이 커지고 통증이 심해 재수술이 필요했던 경우가 3례 있었으며 이들은 모두 인공판막을 가지고 있어서 심박조율기 시술 5일째부터 항응고요법을 시작한 환자들이었다. 심박조율기의 감염은 0 19%의 환자에서 발생하는데,[16] 심박조율기 전원부위에 과다한 삼출액이 있으면 잘 발생한다. 본원에서 3례를 경험하였는데, 2례는 피부절개부위에 화농이 발생하여 심박발생기 및 전극선을 모두 제거하고 충분한 항생제치료후 심외막 조율기로 변경하였다. 심박조율기의 감염은 1례에서 혈종과 함께 발

생하였는데, 역시 심박조율기 및 전극선을 제거하고 반대편 쇄골하정맥에 심박조율기를 시술하였다. 감염은 보통 시술직후에 발생하며 피부에 상재해 있는 균의 오염에 의한 것이므로 시술시에 특별한 주의가 요망된다. 예방적인 항생제의 사용과 감염발생률과의 관계는 아직도 논란중이지만 본원에서는 cefazolin과 gentamicin을 2일간 정맥주사하였다. 이외에 흉근의 자극이 1례있었는데, 이는 전극선이 unipolar type일 때 발생하여 bipolar type으로 작동시킴으로 호전시킬 수 있었다.

조율역치의 변화

이식된 조율기 전원의 수명은 두 요인에 의해서 결정되는데, 하나는 전원(battery)의 크기, 디자인, 그리고 화학성분이고 다른 하나는 전원의 출력(output)이다.[17] 이중에서 전원의 출력을 최소한으로 줄이면 전원수명을 연장시킬 수가 있는데, 이 때 중요한 것이 전극선의 조율역치이다. 조율역치는 고정적인 것이 아니라 시간에 따라 변화하는데 이 조율역치의 장기적인 변화를 관찰하여 안전범위내에서 전류유출을 최소화할 수 있도록 조절하면 심박조율기의 수명을 연장시킬 수 있다. 심내막에 전극을 이식한 후 조율역치의 초기변화는 잘 알려져 있다. 대개 1 2주일까지 급격히 상승하다가 점차 감소하여 수개월이내에 초기조율역치의 2 3배정도로 안정된다.[14] 본교실에서도 조 등[18] 이 수술시 조율역치가 0.30 0.63 V인 환자들에서 조율역치를 18개월동안 관찰한 바 시술 2주후에 1.41±0.71 V로 최고치에 도달한 다음 서서히 감소하여 6개월부터 18개월까지는 평균 0.93±1.05 V의 범위(초기 조율역치의 1.8 2.5배)로 안정되었다.

심박조율기의 수명이 다해 전원의 교체가 필요했던 47명의 환자에서 조율역치를 측정한 바 심외막 전극선에서 심내막 전극선보다 약간 높았으나 모든 전극선은 계속 사용할 수 있었다. 심방 전극선의 경우에는 4례에서만 조사되었지만 이들 모두 전극선을 재사용할 수 있을 정도로 조율역치는 안정적이었다.

장기조율역치는 전극 이식후 혹은 조율역치의 초기 안정후에 조율역치가 계속 상승하는 경우, 감소하는 경우, 혹은 변화가 없는 경우등이 보고되고 있으나[19][20] 저자들의 경우에는 조율역치가 일단 안정되면 18개월까지는 큰 변화는 없었고, 동일한 환자를 추적한 것은 아니지만 전지의 교체시기에 조사한 조율역치도 안정적이었다.

요 약

연구배경 :

본원에서 항서맥 심박조율기 시술을 받은 환자들의 장기추적결과를 분석하고자 하였다.

방 법 :

1984년 8월부터 1997년 12월까지 본원에 내원하여 항서맥 심박조율기 시술을 받은 440명의 환자를 대상으로 적응증, 심박조율기의 종류, 합병증 등과 전원 교체환자들에서 만성 조율역치를 조사 분석하였다.

결 과 :

대상환자중 남자는 179명이었고, 여자는 261명이었으며 평균나이는 각각 59±12세와 58±14세이었다. 재시술 52례(11.8%)를 제외하고 처음으로 영구형 심박조율을 했던 388례중 시술시의 진단은 동기능부전증후군이 206례(53%), 방실차단이 182례(47%)이었다. 심박조율기는 VVI형이 260례(59.1%), VVIR형이 45례(10.2%), DDD형이 133례(30.2%), DDDR형이 1례, AAI형이 1례이었으며 최근 DDD형이 증가하고 있다. 심박조율기의 합병증으로는 조율역치의 상승 8례(심방 4, 심실 5), 전원 조기고갈 2례, 전극선 이동 2례(심방 1, 심실 1), 전극선 파손 6례(심방 1, 심실 5), 피부미란 3례, 혈종 3례, 감염 3례, 근육자극 1례 등 총 28례(4.8%)이었다. 심박조율기시술후 평균 7 10년후의 장기 조율역치는 심외막에서 1.9±0.4 V(n=11), 우심실 심내막에서 1.3±0.5 V(n=36), 그리고 심방에서 1.1±0.2 V(n=4)이었다.

결 론 :

부정서맥에 대한 심박조율기 시술의 적응증으로는 동기능부전증후군이 방실차단보다 많았다. 심박조율기 환자들을 장기추적관찰함으로 합병증을 조기에 발견하여 치료할 수 있으며 조율역치에 따라 전원출력을 조절함으로 전원수명을 연장시킬 수 있을 것이다.

중심 단어 : 심박조율기 · 합병증 · 장기조율역치.

이 연구는 96년도 서울대학교병원 지정진료 연구비(02-96-010) 지원에 의한 결과임.

REFERENCES

1) Luderitz B. *History of the Disorders of Cardiac Rhythm.*

p115, New York, Futura Publishing Company;1995.
2) Edhag O, Swahn A. *Prognosis of patients with complete heart block or arrhythmic syncope who were not treated with artificial pacemakers. Acta Med Scand 1976;200:457*
3) Gadboys HL, Wisoff G, Litwak RS. *Surgical treatment of complete heart block. JAMA 1964;189:97*.
4) Choi YS. *Clinical electrocardiography. 3rd ed. Seoul: Seoul National University Press;1997. p.86*.
5) Bernstein AD, EngScD, Parsonnet V. *Survey of cardiac pacing in the United States in 1989. Am J Cardiol 1992; 69:331*.
6) Glikson M, Espinosa RE, Hayes DL. *Expanding indications for permanent pacemakers. Ann Intern Med 1995; 123:443*.
7) Choi HS, Choi YS, Kim HS, Shon DW, Oh BH, Lee MM, *et al. RFCA in tachy-bradycardia syndrome. The 41th Conference Abstract of the Korean Society of Circulation; 1997. p.287*.
8) Buckingham TA, Volgman AS, Wimer E. *Trends in pacemaker use: Results of a multicenter registry. PACE 1991; 14:1437*.
9) Andersen HR, Nielsen JC, Thomsen PEB, Thuesen L, Mortensen PT, Vesterlund T. *Long-term follow-up of patients from randomised trial of atrial versus ventricular pacing for sicksinus syndrome. Lancet 1997;350:1210*.
10) Braunwald E. Heart *Disease. 5th Edition. p722. Philadelphia, W.B. Saunders Co;1997*.
11) Kusumoto FM, Goldschlager N. *Cardic pacing. N Engl J Med 1996;334:89*.
12) Lee WY, Park SJ, Park KS, Cho SY, Chung NS, Shim YH, *et al. Fifteen-year survey of treatment with implanted cardiac pacemaker. J Korean Med Assoc 1987;30:543*.
13) An SK, Lee MH, Kim SS. Follow-up of implanted cardiac pacemaker. *The 41 Conference Abstract of the Korean Society of Circulation;1997. p.35*.
14) Furman S, Hurzeler P, Mehra R. *Cardiac pacing and pacemakers IV. Threshold of cardiac stimulation. Am Heart J 1977;94:115*.
15) Ellenbogen KA, Kay GN, Wilkoff BL. *Clinical cardiac pacing. p553, Philadelphia, W.B. Saunders Co;1995*.
16) Furman S, Hayes DL, Holmes DR. *A practice of cardiac pacing. p489-503, New York, Futura Publishing Co;1989*.
17) Ellenbogen KA, Kay GN, Wilkoff BL. *Clinical cardiac pacing. p99, Philadelphia, W.B. Saunders Co;1995*.
18) Cho MC, Nam HS, Oh BH, Park YB, Choi YS, Lee YW *Measurement of pacing threshold of the permanent pacemaker by Vario system. Korean J of Intern Med 1986; 31:740*.
19) Marchand P, Jaros GG, Obel IWP. *Long pulse stimuli for cardiac pacing. Ann NY Acad Sci 1969;167:706*.
20) Contini C, Papi L, Pesola A, L'Abbate A, Magini G, D'Angelo T. *Tissue reaction to intracavitary electrodes. J Cardiovasc Surg 1973;14:282*.