

# Microwave를 이용한 심방세동의 치료

조광현\* · 최강주\* · 강도균\* · 전희재\* · 윤영철\* · 이양행\* · 황윤호\*

## Treatment of Atrial Fibrillation with Microwave

Kwang Hyun Cho, M.D.\*, Kang Joo Choi, M.D.\*, Do Kyun Kang, M.D.\*, Hee Jae Jun, M.D.\*  
Young Chul Yoon, M.D.\*, Yang Haeng Lee, M.D.\*, Yoon Ho Hwang, M.D.\*

**Background:** Cryoablation and radiofrequency ablation have been used to treat the atrial fibrillation. Some reports insisted that the microwave ablation is a better method for a deep and extensive lesion. **Material and Method:** From December 2001 to July 2002, we performed 8 microwave ablations in patients who needed mitral valve surgery (7 MVR, 1 MVR+AVR). There were 3 men and 5 women, and their mean age was  $43.4 \pm 8.3$  years and mean follow up period was  $5.6 \pm 2.4$  months respectively. The microwave was applied on endocardium or epicardium by Lynx<sup>®</sup> (Afx, inc.) using a power of 45 watts for 25 seconds. We studied the left atrial dimension, the left atrial function and the sinus conversion with echocardiography and electrocardiography at three times; 1) before the operation, 2) immediately after the operation, and 3) 6 months after the operation. **Result:** There was no complication and no mortality. The mean aortic clamping time was  $104.6 \pm 25.0$  minutes, and the mean total bypass time was  $130.5 \pm 28.7$  minutes. The rate of sinus conversion was 75%, A wave across the mitral valve was a mean of  $77.0 \pm 24.8$  cm/sec, and the A/E was a mean of  $0.46 \pm 0.17$  at 5.6 months postoperatively. **Conclusion:** There was no difference in the early result of microwave ablation compared to other methods. The microwave ablation was an acceptable method due to its convenient application especially in beating heart.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2003;36:329-334)

**Key words:** 1. Microwaves  
2. Atrial fibrillation

### 서론

현재 심방세동을 수술적으로 치료함에 있어 그 표준으로 생각하는 방법은 Cox-Maze 술식이라고 할 수 있다. 하지만 Cox-Maze 술식은 전도계 이상과 심방의 실제적 기능의 불충분한 회복과 같은 문제를 일으킬 수 있어 많은 보고자들이 수정된 Cox-Maze 술식으로 좋은 결과를 보고하고 있다<sup>1,2</sup>. 냉동기술을 이용한 cryoablation은 이러한 수

정된 Cox-Maze 술식에 보편적으로 이용되고 있다. 또한 최근 기술의 발달로 radiofrequency나 microwave를 이용한 방법이 임상적으로 사용되고 있는데, 특히 microwave는 박동심장에서도 심근외막으로 용이하게 적용할 수 있다. 또한 이 방법은 적용시간이 짧고 적용방법도 편리하기 때문에 주 수술과 함께 부가적으로 시행하는 술식으로 적당하다고 생각한다. Microwave 술식의 장기 성적이 없고 아직 국내에서는 보고된 적이 없어 보고자는 비록 대상 환

인제대학교 의과대학 부산 백병원 흉부외과학교실  
Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, Pusan Paik Hospital, College of Medicine, Inje University

본 논문은 2002년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

논문접수일 : 2002년 7월 13일, 심사통과일 : 2003년 1월 27일

책임저자 : 조광현 (614-735) 부산시 진구 개금2동 633-165, 부산백병원 흉부외과학교실

(T:) 051-890-6334, (Fax) 051-891-1297, E-mail: ctsckh@ijnc.inje.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

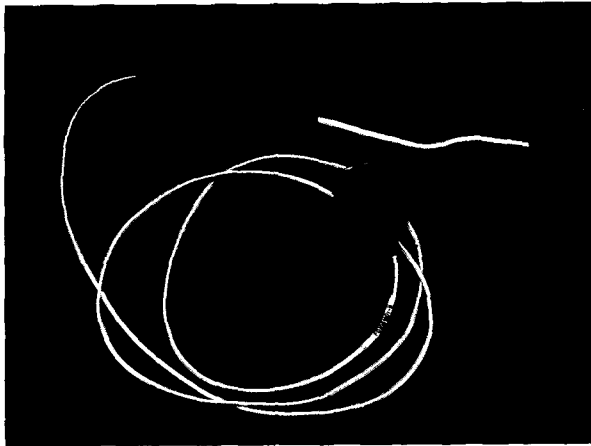


Fig. 1. Microwave catheter Lynx (Afx, inc.)

자의 수가 적지만 그 결과를 보고하고자 한다.

### 대상 및 방법

2001년 12월에서 2002년 7월까지 microwave를 이용한 8예를 대상으로 하였다. 이 중 7예는 승모판막치환술을 받았고 1예는 승모판막과 함께 대동맥판막도 치환하였다. 평균나이는  $43.4 \pm 8.3$ 이었고 평균체표면적은  $1.50 \pm 0.17 \text{ m}^2$ 이었으며 성별로는 남자가 3명, 여자가 5명이었다. 평균 추적기간은 5.6개월이었고 모든 대상 환자들을 추적하였다.

수술은 먼저 Waterston groove를 따라서 좌심방을 절개한 후 microwave catheter를 이용하여 승모판륜에서 좌하폐정맥기시부까지 선형 조직절제(linear ablation)를 하고 좌상하폐정맥의 기시부를 완전히 둘러싸는 원형 조직절제(circular ablation)를 만들고 우측상폐정맥의 기시부 방향으로 좌심방 후상부를 가로질러 선형 조직절제를 한 후 우측상하폐정맥의 기시부도 좌측과 동일한 방법으로 완전히 차단된 구역을 만드는 조직절제를 시행하였다. 우심방에서는 삼첨판륜에서 관상정맥동을 지나 하대정맥기시부까지 선형으로 조직절제를 하였다. 심내막 접근이 어려운 경우에는 심외막으로도 접근하였고 동일한 방법으로 조직절제를 하였다(Fig. 6). 조직절제에 이용된 microwave catheter는 Lynx<sup>®</sup> (Afx, inc.)로 antenna의 길이가 20 mm이고 손잡이와 연결된 대를 자유롭게 꺾을 수 있어 여러 각도로 조절하여 손쉽게 심근내막으로 접근할 수 있도록 되어 있다(Fig. 1~3). 이 기구와 연결된 발생기(microwave generator)에서 1회 시간과 양(watt.)을 조절하여 조직의 두께에 따라 다르게 적용할 수 있다. 보고자는 조직절제 시

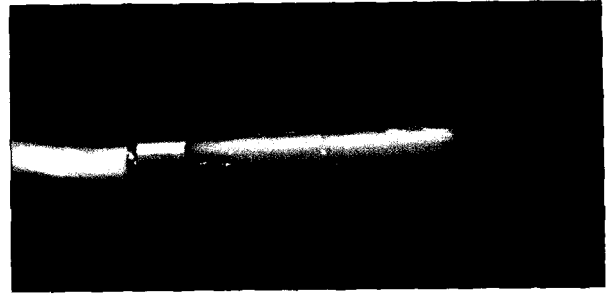


Fig. 2. Antenna of microwave catheter.



Fig. 3. Indicator for antenna of the opposite side.

사용된 microwave의 정도를 1회 25초 동안 40~45 watt로 하였다(Fig. 4). 적절한 조직절제의 평가는 조직절제 후 심내막의 색깔로 판단하였는데 심내막이 열린 황토색으로 변하면 조직절제가 적절하다고 판단하였다(Fig. 5).

대상군과 동일한 기간에 microwave를 사용하지 않은 승모판막치환술을 받은 16예를 대조군으로 하고 microwave를 이용하여 승모판막치환술을 시행한 대상군 7예와 대동맥결찰시간 및 체외순환시간을 비교하였다. 또한 수술 전, 수술 직후, 그리고 수술 후 약 6개월 후에 심전도와 심초음파로 동율동의 회복정도와 심방기능의 회복정도를 조사하였다. 심초음파로 승모판막을 지나는 A파와 E파의 속도와 A파와 E파의 비율을 측정하였고 각 시기에 따른 심실과 심방의 크기 변화도 비교하였다.

통계는 t-test와 ANOVA를 이용하였고 유의수준은 0.05 이하로 하였다.

### 결 과

#### 1) 수술 결과

수술 사망과 합병증이 발생한 예는 없었다.

대상군과 동일한 기간에 microwave를 사용하지 않은 승

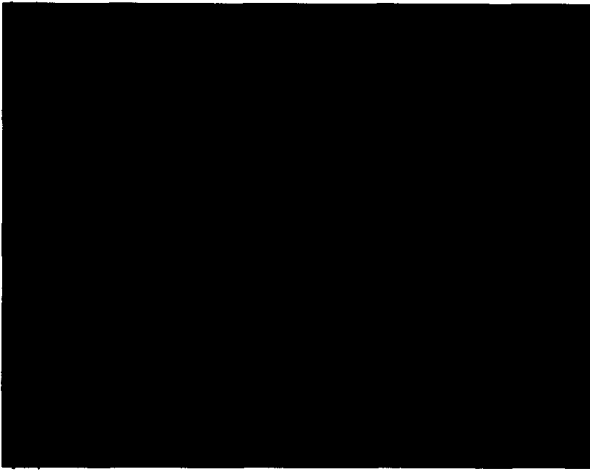


Fig. 4. The generator of microwave.



Fig. 5. Discolored endocardium to yellowy brown after microwave ablation.

도관막치환술 16예를 대조군으로 하고 대상환자군과 대동맥결찰시간과 체외순환시간을 비교하였는데 서로 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 대상환자군(100.0±23.0분)에서 대조군(75.3±14.9분)보다 대동맥결찰시간이 25분 정도 길었다(Table 1).

## 2) 초음파 결과

수술 전, 수술 직후 및 수술 약 6개월 후에 측정된 좌심방의 크기, 좌심실의 구출률, 그리고 좌심실수축기말직경들은 기간에 따른 차이가 없었으나 좌심실확장기말직경이 수술 전(5.1±0.8 cm)보다 수술 약 6개월 후(4.9±0.1 cm)에 유의하게 감소하였다(p=0.045)(Table 2).

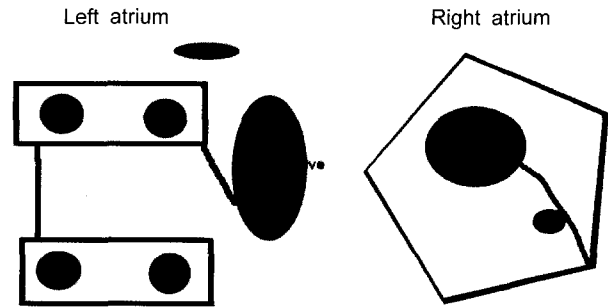


Fig. 6. Lesion making.

Table 1. Comparison of microwave ablation group to control group

	Microwave*	Control*	p-value
ACT (min)	100.0±23.0	75.3±14.9	0.403
TBT (min)	125.7±27.4	94.1±17.6	0.368

ACT, Aortic clamping time; TBT, Total bypass time

## 3) 동율동과 좌심방의 기능

동율동은 수술 직후 모두 회복되었으나 수술 약 6개월 후에는 6예에서 동율동이 유지되어 동율동의 회복률은 수술 약 6개월 후에 75%이었다(Table 2).

수술 약 6개월 후에 측정된 승모판막을 지나는 a파의 속도는 77.0±24.8 cm/sec.이었고 A/E는 0.46±0.17이었다(Table 2).

## 4) 심방귀의 처리

좌심방의 직경이 6 cm 이상으로 늘어난 2예를 제외한 6예에서 양 심방귀를 보존하였다. 술 후 약 6개월 후 시행한 초음파검사서 좌심방귀에서의 혈전은 관찰되지 않았다.

## 고 찰

Cox-Maze 술식은 심방세동의 수술적 치료에 있어 대표적인 방법이지만 동율동의 회복 지연과 좌심방기능의 효과적인 회복이 불충분하여 수정된 Cox-Maze 술식이 보고되고 있다. 이러한 수정된 Cox-Maze 술식에서는 보편적으로 냉동결제(cryoablation)를 함께 이용하고 있고 고주파(radiofrequency) 또는 초단파(microwave) 등을 이용한 조직

**Table 2.** Comparison of echocardiographic data according to the periods

	1*	2*	3*
LVEF (%)	57.5±8.6	56.8±9.3	67.1±2.8
LAD (cm)	5.6±1.1	4.6±0.9	4.8±0.5
LVESD (cm)	3.5±0.7	3.4±0.6	3.1±0.1
LVEDD (cm)	5.1±0.8**	5.0±0.5	4.9±0.1**
A wave (cm/sec)	-	-	77.0±24.8
A/E	-	-	0.46±0.17

\*1; preoperative,  
2; postoperative immediate,  
3; postoperative 5.6 months later

\*\*p=0.045

LVEF, Left ventricular ejection fraction; LAD, Left atrial dimension; LVEDD, Left ventricular end diastolic dimension; LVESD, Left ventricular end systolic dimension; A, A wave across mitral valve; A/E, The ratio of a and e wave across mitral valve

절제방법도 그 보고가 늘어나고 있다<sup>3)</sup>.

그동안 조직절제를 위해 몇 가지 기술적인 방법이 연구되었는데 Cox 등은 다발적인 조직절단과 재봉합이라는 방법을 이용하여 Maze 술식을 보고하였고 이 술식은 다양하게 수정되어 현재 보편적으로 이용되고 있다<sup>5-7)</sup>. 특히 Kosakai 등은 냉동절제법(cryoablation)을 이용하여 이 술식을 보다 단순하게 수정하였으며<sup>8)</sup> Lee 등은 좌심방기능을 효과적으로 보존하기 위한 수정된 좌심방절개선을 보고하기도 하였다<sup>1)</sup>. 한편 몇몇 보고자들은 실험적으로 high frequency DC shock을 이용한 조직절제를 시도하였는데 이 술식은 병소부위가 불규칙적이고 일정하지 않아 심실 빈맥과 같은 심각한 부정맥이 유발되고 심부전과 심장천공 같은 심각한 합병증으로 그 사용이 중단되었다<sup>9,10)</sup>. 초음파를 이용한 조직절제법(ultrasound ablation)은 새로운 기술로서 높은 진동수를 가진 물리적 압력파를 조직에 전달하여 조직내 열을 일으켜 조직을 파괴하는 방법이다. 이 방법은 연구가 진행 중이고 초보적인 보고만 있다<sup>11)</sup>. 레이저에 의한 조직절제법(Laser ablation)은 심근표면에서 양자(photon)흡수가 일어나고 열이 전달되는 방식이지만 기초적인 동물실험단계에 있고 다양한 조직의 특성에 따른 효과의 차이와 예측이 어려운 양자의 분산은 그 사용에 있어 제한점이 된다<sup>12)</sup>. 고주파(Radiofrequency)는 0.5~1.2 MHz에서 진동하는 교류전류를 말하는데 현재 다양한 상심실부정맥의 치료에 이용되고 있는 방법이다. 피부와

심내막 사이에 고주파를 흐르게 하면 활성화된 전극부에 접촉된 조직에 가장 높은 전류압이 일어나고 이 부위에서 저항적인 열이 발생하여 조직이 파괴된다. 전극부에서 거리가 멀어질수록 열의 전달이 감소하는 단점이 있지만 이 열은 일정하고 폭과 깊이가 수 밀리미터에 국한되기 때문에 심내막하 전도계의 처치를 위해 이용하기에는 적당하다고 할 수 있다. 그러나 괴사조직이나 상흔조직을 쉽게 투과하지 못하고 높은 에너지를 주어 투과력을 증가시키려고 하면 혈액과 반응하여 응고체(coagulum)가 형성되어 저항이 증가되는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 절제기구 말단부의 온도를 저하시켜(cooled RF ablation) 높은 에너지의 전달과 응고체 형성 방식을 통해 보다 깊고 확대된 절제를 만들 수 있다. 하지만 이 방법은 아직 제한적인 경험만 있어 보다 장기적인 조사가 필요하다<sup>13,14)</sup>. Microwave는 2.45 GHz의 전자기파(electromagnetic wave)로 조직내 물분자와 같은 dielectronic ion들을 진동시켜 50도가 넘는 열을 조직내에 일으킨다. 이 열로 인해 세포막의 depolarization 및 contracture가 생겨 비가역적인 전기생리학적인 변화가 일어나게 된다<sup>15,16)</sup>. 특히 microwave를 이용하는 방법은 다른 방법과 달리 박동하는 심장에서의 적용이 용이하여 심폐기를 이용하지 않는 관상동맥우회술과 더불어 심방세동을 치료할 경우에 특히 유효한 방법이라고 할 수 있다. Mazzitelli 등은 40 mm 길이의 microwave antenna를 가지고 1회에 90초간 65 W를 사용하여 박동하는 심장에서 심근외막으로부터 조직절제(ablation)를 하였다<sup>4)</sup>. 보편적으로 이용하는 냉동절제(cryoablation)는 1회 최소 2~3분 정도가 소요되고 두꺼운 심근조직에서는 심근내외로 함께 절제해야 하는 번거로움도 있지만 Microwave 조직절제는 1회 25초로 적용시간이 매우 짧아 주수술과 더불어 시행하는 부가적인 시술로 이용하기에는 적당하다고 생각된다. 보고자의 경우 대상군과 동일한 기간에 microwave를 사용하지 않은 대조군과 대동맥결찰 시간 즉 실제적인 수술시간을 비교하여 보니 통계적으로는 차이가 없었으나 대조군 보다 평균 25분 정도가 더 소요되었다.

보고자는 양폐정맥주위와 승모판륜 및 좌심방후벽에 조직절제술을 시행하였고 우심방에서는 심방조동을 예방하기 위해 삼첨판륜에서 하대정맥기부까지 이어지는 선상 절제술을 시행하였다. 좌심방귀와 우심방귀는 처음 2예를 제외하고는 모두 보존하였는데 좌심방의 직경이 6 cm 이상으로 늘어났는지 좌심방귀에 혈전이 있는 경우에는 좌심방귀를 절제하려고 하였다. 하지만 정상 심방 크

기에서는 좌심방귀의 보존이 좌심방의 수축에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각하여 보존하였다. Isobe 등은 양심방귀를 보존하는 maze 술식을 시행하였는데 심방의 수축력 및 atrial natriuretic peptide의 분비 능력에 있어 긍정적인 효과가 있었다고 보고하였다<sup>17)</sup>. 좌심방귀는 좌심방 용적의 17~30% 정도를 차지하기 때문에 좌심방귀의 효과적 수축력 회복은 술 후 혈액학적으로 좋은 결과가 예상된다. 하지만 좌심방귀에서의 혈전형성에 대한 장기 조사가 부족하여 향후 좀 더 추적조사가 되어야 할 것으로 사료된다.

동성율동회복률은 보고자의 경우 술 후 6개월에 75%이었다. 다른 기구를 이용하여 좌심방 maze 술식을 주로 시행한 보고들에서도 비슷한 기간동안 동성율동회복률이 76~81% 정도였다고 보고하고 있어 보고자와 큰 차이는 없어 보인다<sup>18-20)</sup>.

보고자는 박동 심장에서 경험은 없지만 관상동맥우회술을 받을 환자에서 심방세동치료가 필요할 경우에도 그 적용이 용이하다 함으로 향후 이용의 폭이 늘어날 것으로 생각된다<sup>4)</sup>.

## 결 론

심방세동치료에 있어 Microwave를 이용한 방법은 수술 후 조기 율동회복률이나 심방기능의 회복에 있어 효과적인 방법으로 생각된다.

수술 시 이용의 편리함과 심박동 시 사용의 용이함으로 인해 향후 사용의 빈도가 늘어날 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Lee JW, Choo SJ, Kim KI, et al. Atrial fibrillation surgery simplified with cryoablation to improve left atrial function. *Ann Thorac Surg* 2001;72:1479-83.
- Kim KB, Huh JH, Kang CH, Ahn H, Sohn DW. Modifications of the Cox-Maze III procedure. *Ann Thorac Surg* 2001;71:816-22.
- Knaut M, Spitzer SG, Karolyi L, et al. Intraoperative microwave ablation for curative treatment of atrial fibrillation in open heart surgery-The MICRO-STAF and MICRO-PASS pilot trial. *Thorac Cardiovasc Surg* 1999;47:379-84.
- Mazzitelli D, Park CH, Park KY, Benetti FJ, Lange R. Epicardial ablation of atrial fibrillation on the beating heart without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2002;73: 320-1.
- Cox JL. The surgical treatment of atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101:584-92.
- Cox JL, Boineau JP, Schuessler RB, et al. Modification of the Maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. I-Rationale and surgical results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:473-84.
- Cox JL, Jaquiss RD, Schuessler RB, et al. Modification of the Maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. II. Surgical technique of the Maze III procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:485-95.
- Kosakai Y, Kawaguchi AT, Isobe F. Modified Maze procedure for patients with atrial fibrillation undergoing simultaneous open heart surgery. *Circulation* 1995;92[III]:359-64.
- Lemery R, Leung TK, Lavalley E, et al. In vitro and in vivo effects within the coronary sinus of nonarc and arc shocks using a new system of low-energy DC ablation. *Circulation* 1991;83(1):279-93.
- Ishibashi H, Fu L, Namiki T, et al. Induction and the possible mechanism of ventricular tachycardia after catheter ablation with direct current shocks in dogs. *Eur Heart J* 1993;14(8):1132-6.
- He DS, Zimmer JE, Hynynen K, et al. Application of ultrasound energy for intracardiac ablation of arrhythmias. *Eur Heart J* 1995;16(7):961-6.
- Ware DL, Boor P, Yang C, Gowada A, Grady JJ, Motamedi M. Slow intramural heating with diffused laser light: A unique method for deep myocardial coagulation. *Circulation* 1999;99(12):1630-6.
- Sie HT, Ramdat Misier AR, Beukema WP, et al. Radiofrequency ablation of atrial fibrillation in patients undergoing mitral valve surgery; first experience. *Circulation* 1996;94(8): 671-5.
- Khargie K. The potential role of the cooled tip radiofrequency ablation catheter in the Cox-Maze III procedure. *Thorac Cardiovasc Surg* 1999;47(suppl.):373.
- Wayne JG, Nath S, Haines DE. Microwave catheter ablation of myocardium in vitro - assessment of the characteristics of tissue heating and injury. *Circulation* 1994;89(5): 2390-5.
- Vanderbrink BA, Gilbride C, Aronovitz MJ, et al. Safety and efficacy of a steerable temperature monitoring microwave catheter system for ventricular myocardial ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000;11(3):305-10.
- Isobe F, Kumano H, Ishikawa T, et al. A new procedure for chronic atrial fibrillation: Bilateral appendage-preserving maze procedure. *Ann Thorac Surg* 2001;72:1473-8.
- Melo J, Adragao P, Neves J, et al. Endocardial and epicardial radiofrequency ablation in the treatment of atrial fibrillation with a new intra-operative device. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000;18:182-6.
- Williams MR, Stewart JR, Bolling SF, et al. Surgical treatment of atrial fibrillation using radiofrequency energy. *Ann Thorac Surg* 2001;71:1939-44.
- Sueda T, Nahata H, Shikata H, et al. Simple left atrial procedure for chronic atrial fibrillation associated with mitral valve disease. *Ann Thorac Surg* 1996;62:1796-800.

=국문 초록=

배경: 심방세동을 치료하기 위해 주로 radiofrequency 또는 cryoablation의 방법을 이용해왔다. Microwave를 이용하여 심방조직을 파괴하는 방법은 다른 방법과 비교하여 조직투과성이 좋다는 보고가 있다. 보고자는 심방세동의 치료에 microwave를 이용하였기에 그 결과를 보고하는 바이다. 대상 및 방법: 2001년 12월부터 2002년 7월까지 8명의 환자를 대상으로 하였다. 성별로는 남자 3명, 여자 5명이었고 평균나이는 43세, 평균체포면적은  $1.5 \text{ m}^2$ 이었다. 대상환자 중 7명에서 승모판막치환술을 시행하였고 1명에서는 승모판막치환술과 대동맥판막치환술을 함께 시행하였다. Microwave ablation은 심장지상 상태에서 1회 45 watts 25초로 시행하였다. 수술 전, 수술 직후, 수술 후 약 6개월 뒤에 각각 심장초음파와 심전도를 이용하여 좌심방의 크기와 동율동의 회복정도를 조사하였다. 결과: 수술합병증이나 사망률은 없었다. 수술 중 대동맥차단시간은 평균  $104.6 \pm 25.0$ 분, 체외순환시간은 평균  $130.5 \pm 28.7$ 분이었다. 수술 후 동율동의 회복은 평균 5.6개월 후에 75%이었다. 수술 전후 초음파로 측정된 좌심방의 크기는 차이가 없었다. 수술 후 평균 5.6개월에 측정된 승모판막의  $\alpha$ 파는 평균  $77.0 \pm 24.8 \text{ cm/sec}$ 이었고 A/E는 평균  $0.46 \pm 0.17$ 이었다. 결론: Microwave를 이용한 심방세동 차단술의 조기결과는 다른 방법의 결과와 큰 차이가 없었다. 수술 시 적용의 편리함과 심박동 시에도 적용할 수 있는 장점으로 인해 향후 그 적용이 늘어날 것으로 예측된다.

중심 단어 : 1. 심방세동  
2. Microwave