

Radiofrequency Catheter Ablation을 이용한 방실회귀 빈맥의 치료*

한림대학교 의과대학 내과학교실

한 규 록

서울대학교 의과대학 내과학교실

최기준 · 이명용 · 남기병 · 조주희 · 김효수 · 손대원 · 김철호
오병희 · 이명묵 · 박영배 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우

= Abstract =

Radiofrequency Catheter Ablation for the Treatment of Atrioventricular Reentrant Tachycardia

Kyoo Rok Han, M.D.,*

Department of Internal Medicine, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

Kee Joon Choi, M.D., Myung Yong Lee, M.D., Gi Byoung Nam, M.D.,
Joo Hee Zo, M.D., Hyo Soo Kim, M.D., Dae Won Sohn, M.D.,
Cheol Ho Kim, M.D., Byung Hee Oh, M.D., Myoung Mook Lee, M.D.,
Young Bae Park, M.D., Yun Shik Choi, M.D.,
Jung Don Seo, M.D., Young Woo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, Seoul National University, College of Medicine, Seoul, Korea

Background : Atrioventricular reentry is the most common cause of supraventricular tachycardia in Korea. Radiofrequency catheter ablation(RFCA) is now accepted to be the safe and effective treatment modality for the elimination of accessory pathway conduction in patient with atrioventricular reentrant tachycardia(AVRT).

Methods : To evaluate the clinical usefulness of RFCA for the treatment of AVRT, this study was conducted in 109 patients(male 68, female 41) with atrioventricular accessory pathway and documented AVRT after electrophysiologic study.

Results : A total of 112 accessory pathways were identified in 109 patients. The mean power outputs of the successful ablations at the atrial side of the annulus were higher than those at the ventricular side($34.0 \pm 8.9W$ versus $20.0 \pm 7.6W$, $P < 0.01$), but the maximum temperatures were lower at the atrial side of the annulus than those at the ventricular side ($66.4 \pm 14.0^\circ C$ versus $77.2 \pm 6.4^\circ C$, $P < 0.01$). Accessory pathway conduction was eliminated in 102 of 112 pathways successfully(success rate 91%). There were 4 nonfatal complications(3.7%), 3 patients

* 이 연구는 94년도 서울대학교병원 지정진료연구비(02-94-009)의 지원에 의한 결과임.

with hemopericardium and 1 with femoral artery thrombus, during or after ablation procedures. Recurrences of AV reentrant tachycardia or delta wave on the electrocardiogram occurred in 5 patients, and 4 of them had successful second procedures. There were no late complications during a mean follow-up period of 13 ± 5 months.

Conclusion : RFCA is highly effective and safe treatment modality in ablating accessory pathway conduction.

KEY WORDS : Radiofrequency catheter ablation · Accessory pathway · Atrioventricular reentrant tachycardia.

서 론

발작성 심실상성빈맥(paroxysmal supraventricular tachycardia)의 원인은 회귀(reentry), 자동능의 증가, triggered activity 등 여러가지가 알려져 있으며, 그중 회귀가 많은 부분을 차지한다¹⁾. 서양에서는 방실결절회귀빈맥(atrioventricular nodal reentrant tachycardia)이 발작성 심실상성빈맥의 가장 흔한 원인으로 보고되고 있으나^{2,3)}, 국내에서는 발작성 심실상성빈맥의 원인으로 방실부전도로를 통한 방실회귀빈맥(atrioventricular reentrant tachycardia)이 가장 흔한 것으로 알려져 있다⁴⁾.

방실회귀빈맥으로 인한 증상이 있는 경우에 약물치료에 잘 반응하지 않거나, 심한 증상을 일으키는 빈맥이 자주 유발되는 경우 외과적인 수술방법으로 방실부전도로를 절단하려는 시도가 1960년대말부터 시작되어 20여 년동안 방실회귀빈맥의 확실한 치료방법으로 각광을 받아왔다⁵⁻⁹⁾. 그 후 전기생리학적인 검사방법이 발달함에 따라, 외과적인 수술방법으로 90%이상의 성공율을 보이면서도 낮은 합병증을 보이는 등 좋은 치료성적을 내어 왔지만 개심술에 따르는 위험성 및 합병증이 문제가 되어왔다. 1980년대초에 직류에너지를 이용하여 개흉술을 동반하지 않은 도자술이 심실상성빈맥의 치료에 도입되어 좋은 치료성적을 거두어 왔으나, 높은 에너지의 direct current shock을 이용하여야 하므로 심전공, 심한 혈액학적 변화, 그리고 심근조직에 크고 불균질한 괴사를 일으켜 심실세동과같은 심각한 부정맥을 유발하는 등의 부작용과 환자에게 투여시 전신마취가 필요하며 투여하는 에너지를 단계적으로 조절하기 힘든 점 등이 이 치료법의 단점으로 지적되고있다¹⁰⁻¹³⁾.

1980년대 후반 심실상성빈맥의 치료에 직류에너지 대

신 radiofrequency 에너지를 이용하는 도자절제술이 시도된 이후, 높은 성공율을 보이면서 작고 균일한 조직괴사를 가져와 심각한 부정맥의 발생빈도가 낮고 에너지투여시 심각한 혈액학적 변화를 일으키는 등의 합병증이 적으며 전신마취가 필요치 않은 장점으로 인해, radiofrequency 에너지를 이용하는 도자절제술이 최근에 널리 쓰이고 있으며 여러 임상연구에서 좋은 성적을 거두고 있다¹⁴⁻¹⁸⁾.

본 연구에서는 방실회귀빈맥을 보이는 환자에서 약물치료에도 불구하고 빈맥증상이 자주 재발하거나 약물의 장기복용을 원하지 않는 경우에 radiofrequency current를 이용하여 방실부전도로를 절제하는 도자절제술을 시술하고 그 후의 경과를 추적관찰하여, 이 시술의 임상적인 유용성과 안전성을 알아 보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구대상

빈맥으로 인하여 심계항진, 흉부불쾌감, 호흡곤란 등의 증상을 호소하는 환자에서 표준 12유도 심전도상 심실상성빈맥이 확진된 환자중, 표준 심전도에서 WPW증후군의 소견을 보이거나 전기생리학적 검사상 방실부전도로를 통한 방실회귀빈맥으로 진단된 경우를 대상으로 하였다. 1992년 10월부터 1995년 2월까지 서울대학교 병원에서 방실회귀빈맥으로 진단받고 radiofrequency catheter ablation을 시술받은 환자 109명을 대상으로 하였다.

대상환자의 평균연령은 41 ± 14 (11~70)세였고 남자가 68명 여자가 41명이었다. 환자가 빈맥으로 인한 증상을 호소한 기간은 평균 14 ± 12 (3~50)년이었다. 이들은 모두 항부정맥제를 사용하여도 방실회귀빈맥이 조절되

지 않거나, 약물의 부작용으로 인하여 약물사용을 중단하여야하는 상태에 있는 환자들이었다.

2. 연구방법

1) 수술전 환자 처치

표준 12유도 심전도상 심실상성빈맥이 확진되면 심초음파검사를 시행하여 동반된 심장질환의 유무를 확인하고 심실기능을 평가하였다. 수술전 환자에게 수술목적, 수술방법, 수술로 인한 합병증등을 설명하고 수술에 대한 동의서를 얻었다. 복용중인 항부정맥제는 최소한 수술 48시간전에 투약을 중지하였고, 최소한 8시간이상 금식하도록 하였다. 수술중 환자를 안정시키기 위해 도자 절제술을 시행하기 직전에 midazolam 1mg을 투여하고, 수술도중 필요할 때마다 0.5mg씩을 추가로 투여하였다.

2) 전기생리학적 검사

우측 및 좌측 대퇴정맥을 통하여 세개의 4극 전극도자를 삽입하여, 각각 우심실 첨부, 우심방 상부, 그리고 His속 근처에 위치시키고 각각의 위치에서 전기자극 및 전기도 기록을 실시하였다. 또 하나의 전극도자는 좌측 쇄골하정맥을 통하여 관정맥동 내부에 위치시키고 승모관류 부근의 전기도 기록에 사용하였다.

심장내 전기도는 표준 심전도와 함께 multichannel oscilloscopic recorder (EVR-130, PPG Biomedical systems, Cardiovascular Div., Pleasantville, N.Y. 혹은 EP Lab, Quinton electrophysiology corp.)를 사용하여 100 mm/sec의 속도로 기록하여 분석하였으며, 전기생리학적 검사를 위한 전기자극은 DTU-201 programmable stimulator (Bloom Associates, Ltd.)를 이용하여 2 msec동안 diastolic threshold의 2배의 전압으로 투여하였다. 방실결절과 방실부전도로의 전도특성을 평가하고, 빈맥의 기전을 규명하며, 그리고 방실부전도로의 위치를 파악하기 위하여 심방 또는 심실에서 incremental pacing과 기외자극(extrastimulation)을 사용하였다. 심장내 전기도 기록을 위한 Filter는 30-500 Hz에 고정하여 사용하였다.

3) 방실회귀빈맥의 진단

방실회귀빈맥에대한 전기생리학적인 진단기준은 다음과 같이 하였다⁴⁾. 첫째, 심방이나 심실의 전기자극에의

해 빈맥이 재현성있게 유발 및 종료된다. 둘째, 방실결절이 단일전도곡선을 이룬다. 즉 방실결절내의 전향전도가 이중 전도로를 통해 일어나지 않고 단일 전도로를 통해 일어난다. 셋째, 역향성 심방전도순서는 eccentric하거나 비정상적이다. 네째, 방실부전도로와 동측에 각차단이 발생하면 빈맥수는 느려진다. 다섯째, 빈맥발작중 심실기외자극에의해 심방을 조기홍분시킬 수 있다.

4) 방실부전도로의 전극도자 절제술

절제술에 사용되는 전극도자는 원위부 전극의 크기가 4mm인 7F 2극도자 또는 4극도자(Cerablate; Dr. Osypka GmbH Medizintechnik, Germany 혹은 Livewire, Daig corp, USA)로 하였고, 방실부전도로의 위치가 우측인 경우에는 우측 대퇴정맥을 통하여, 방실부전도로의 위치가 좌측인 경우에는 우측 대퇴동맥을 통하여 삽입하였다. Radiofrequency 에너지 발생기로는 HAT 200S (Dr.Osypka GmbH Medizintechnik, Germany)를 사용하였다. 전기생리학적 검사가 끝난후 절제술을 시작하기 직전에 좌측 방실부전도로 절제시에는 5000단위, 우측 방실부전도로 절제시에는 3000 단위의 Heparin을 정맥주사하였고, 이후 필요시 1000단위씩 추가로 투여하였다.

전극도자 절제술의 위치는 다음과 같은 방법으로 선정하였다. 현성 우회로의 경우에는 동물동 또는 심방조율시, 방실부전도로를 따라 전향전도되는 가장 빠른 심실전위가 나타나고, A파와 V파의 모양이 뚜렷하며, 방실부전도로 전위(accessory pathway potential)가 기록되는 부위로 하였다. 불현성 우회로의 경우에는 방실회귀빈맥중이나 심실조율시 방실부전도로를 따라 역향전도되는 가장 빠른 심방전위가 나타나고, A파와 V파의 모양이 뚜렷하며, 방실부전도로 전위(accessory pathway potential)가 기록되는 부위로 하였다³⁴⁾. 위치가 결정되면 조직온도 70℃의 온도감지형방법을 사용하거나 일정전류방출형 방법을 사용하여 20-30초간 radiofrequency current를 투여하였다.

5) 성공적인 전극도자 절제술의 확인

전기생리학적 검사에 의해 방실부전도로의 전향전도 및 역향전도가 차단되는 경우를 성공적인 절제술로 정의하였다.

6) 전극도자 절제술후 추적관찰

전극도자 절제술후 첫 27명의 환자는 24시간동안 심장계 집중감시병동에서 심전도를 관찰하면서 8시간마다 혈중 심근효소치를 검사하였다. 나머지 환자는 3-6시간 정도만 심장계 집중감시병동에서 관찰하였고 심근효소치의 검사도 필요한 경우에만 하도록 하였다. 전극도자 절제술을 실시한 다음날 심초음파를 실시하여 혈심낭, 심장내 혈전, 심판막손상 등의 발생가능한 합병증의 유무를 확인하였다.

성공적인 전극도자 절제술이 이루어지고나면 투여하던 항부정맥제는 모두 중단하고 외래를 통하여 빈맥증상의 재발여부를 관찰하였다. 경과 관찰중 빈맥증상이 나타나면 12유도 심전도와 24시간 심전도검사로 심실상성 빈맥의 재발여부를 확인하였고, 빈맥증상의 재발이 없으면 전기생리학적 검사는 시행하지 않았으며 이런 경우에는 심실상성 빈맥의 재발이 없는 것으로 간주하였다.

7) 통계분석

평균치에 관한 모든 데이터는 평균치와 표준편차를 이용하여 표시하였다. 심방및 심실에서의 절제술에 따르는 생물물리화적인 특성의 비교에는 t-test를 사용하였으며, P-value가 0.05미만일 경우에 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

1. 대상환자 및 전기생리학적 검사성적

대상환자 109명(남자 68명, 여자 41명, 평균연령 41±14세)에서 전기생리학적 검사를 실시하여, 106명에서는 하나의 방실부전도로만 있었고, 3명에서 두개의 방실부전도를 발견하여 총 112개의 방실부전도로가 확인되었다. 방실부전도로의 위치와 전도특성은 표에 표기

Table 1. Characteristics of accessory pathways

AP Location	No. of Patients	No. of Pathways	AG & PG Conduction	PG Conduction Only
LFW	74	76	25	51
RFW	18	19	16	3
PS	13	13	7	6
AS	2	2	0	2
MS	2	2	2	0
Total	109	112	50	62

AP=accessory pathway, No.=Number, AG=antegrade, RG=retrograde, LFW=left free wall, RFW=right free wall, PS=posterosseptal, AS=anteroseptal, MS=midseptal

된 바와 같다(Table 1). 확인된 112개의 방실부전도로 중 76개는 좌측 심실벽을 따라 위치하였고, 19개는 우측 8심실벽을 따라, 13개는 후중격부에 위치하였고 전중격부와 중중격부에 각각 2개씩의 방실부전도로가 발견되었다. 방실부전도로를 따라 전향전도와 역향전도가 다 이루어지는 경우는 50례(45%)에서 있었고, 62례(55%)에서는 역향전도만이 있었다.

2. 도자절제술 성적

방실부전도로 112개중 102개(91%)에서 성공적으로 방실부전도로가 절제되었다. 도자절제술은 112개의 방실부전도로중 97개는 온도감지형으로 시술하였고, 15개는 일정전류방출형으로 시술하였다. 이중 98개는 첫번째 시술에서 성공하였고, 첫번째 시술에서 실패한 5례에서도 두번째 시술로 성공하였다. 재발은 8명의 환자에서 일어났다(Table 2). 이중 두명은 24시간이내에 재발하였고, 6명은 퇴원후 1개월내에 재발하였다. 방실부전도로를 통한 전향전도의 재발이 3례에서 있었으나 빈맥의 재발이 없어 관찰중이며 빈맥의 재발이 있는 5례에서는 두번째 시술을 하여 4례에서 성공하였다. 10례의 방실부

Table 2. Outcomes of ablation

AP Location	No. of Pathways	Initial Procedure		Recurrence of Conduction	Second Procedure		Final Outcome	
		S	F		S	F	S	F
LFW	76	68	8	5	4	1	70	6
RFW	19	16	3	2	3	0	18	1
PS	13	11	2	1	0	0	11	2
AS	2	1	1	0	0	0	1	1
MS	2	2	0	0	0	0	2	0
Total	112	98	14	8	7	1	102	10

S=success, F=failure

Table 3. Biophysical parameters of successful sites during ablation

	Ablation Site		P-value
	Atrial Side	Ventricular Side	
Number of Pathways	17	46	<0.05
Total Energy(J)	1064.2±363.0	552.6±226.2	<0.01
Maximum Power(W)	50.4± 0.7	39.3± 9.4	<0.01
Mean Power(W)	34.0± 8.9	20.0± 7.6	<0.01
Maximum Temperature(°C)	66.4± 14.0	77.2± 6.4	<0.01
Impedance(Ohms)	109.3± 18.3	100.2± 8.5	NS
Application Number	14.3± 13.6	6.1± 6.2	<0.01

NS=not significant

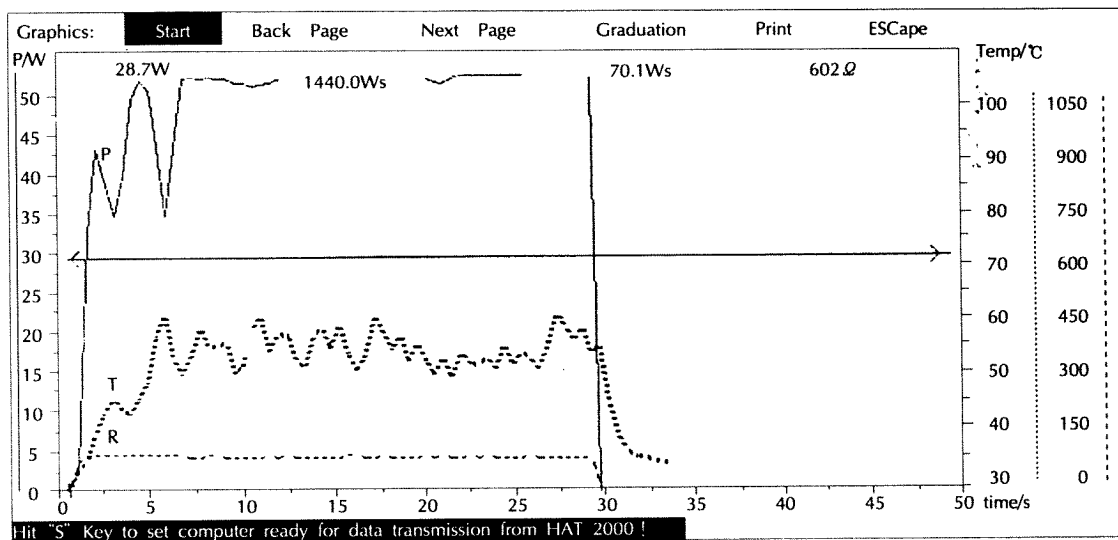
Table 4. The mean power outputs of the successful sites during ablation at atrial and ventricular side

Mean Power	Ablation Site	
	Atrial Side	Ventricular Side
<10	1	3
10 - 19	0	21
20 - 29	4	15
30 - 39	8	7
40 - 50	4	0
Total	17	46

전도로에서는 절제술이 성공적으로 이루어지지 않았는데, 이중 6례는 좌심실벽에, 1례는 우심실벽에, 2례는 후중격부에, 1례는 전중격부에 위치하였다. 후중격부에서 실패한 2례는 모두 Ebstein 기형이었다. 성공적인 절제술을 위하여 투여된 radiofrequency current의 회수는

평균 89회(1~46회)였다. 심방측에서 절제술을 실시한 경우가 심실측에서 실시한 경우보다 더 많은 투여회수를 필요로 하였다(14 ± 14 대 6 ± 6 , $p < 0.01$). 심방측에서 절제술을 실시한 경우에는 대개 도자와 조직간의 접촉이 좋지않아 열손실이 있어 조직온도가 60°C 정도까지만에 오르지 않았고 투여되는 에너지가 자주 50W까지 올라가는 경우가 많았다(Fig. 1). 이에 비하여 심실측에서 절제술을 실시한 경우에는 대개 도자와 조직간의 접촉이 좋아 에너지를 투여하고 3초 이내에 조직온도가 70°C 에 도달하여 안정적으로 유지되는 경우가 많았다(Fig. 2).

성공예에서 측정된 각종 생물물리적인 수치들은 다음과 같다(Table 3). 심방측에서 절제술을 실시한 경우, 투여된 총 에너지는 $1064.2 \pm 363.0\text{J}$ ($212.8 \sim 1449.8\text{J}$), 투여된 최대전력치는 $50.3 \pm 0.7\text{W}$ ($48.4 \sim 50$.

**Fig. 1.** Simultaneous recordings of power(P), catheter tip temperature(T), and impedance(R) of the successful site at the atrial side of the tricuspid annulus during radiofrequency current application

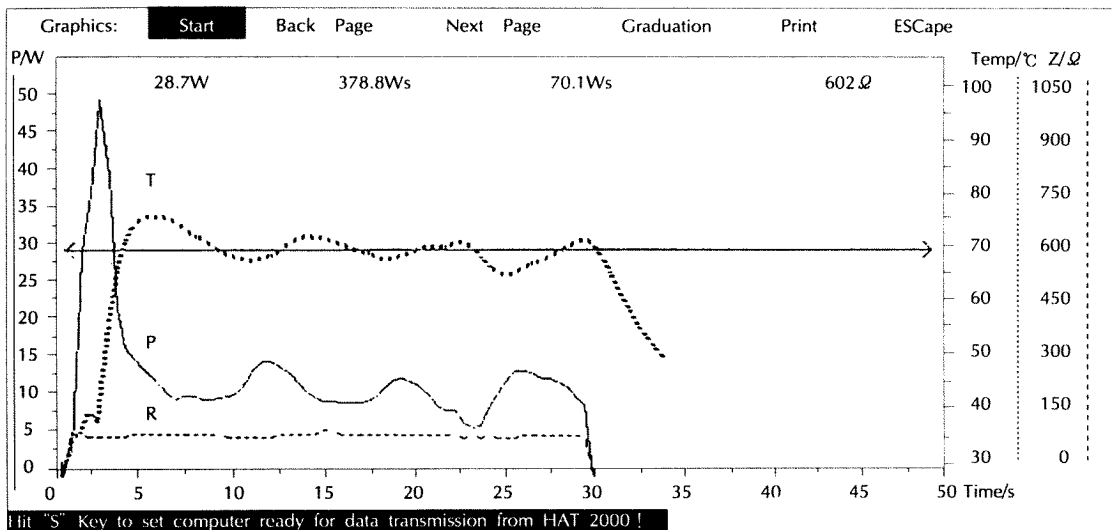


Fig. 2. Simultaneous recordings of power(P), catheter tip temperature(T), and impedance(R) of the successful site at the ventricular side of the mitral annulus during radiofrequency current application.

8W), 평균전력치는 $34.0 \pm 8.9W$ (6.2~40.6W), 최대조직온도는 $66.4 \pm 14.0^\circ C$ (53.5~96.9°C)였다. 심실측에서 절제술을 실시한 경우, 투여된 총 에너지는 $552.6 \pm 226.2J$ (101.0~1058.2J), 투여된 최대전력치는 $39.3 \pm 9.4W$ (18.0~50.8W), 평균전력치는 $20.0 \pm 7.6W$ (5.1~34.3W), 최대조직온도는 $77.2 \pm 6.4^\circ C$ (65.2~93.8°C)였다. 심방측에서 절제술을 실시한 경우에서 심실측의 경우보다 더 높은 투여전력치를 필요로 하였음에도 불구하고(Table 4), 도달된 최대조직온도는 더 낮았다.

3. 합병증의 발생

절제술후 혈중 심근효소치를 측정한 첫 27명의 환자에서 의미있는 상승을 보인 환자는 없었다. 절제술을 시행한 다음날 실시한 심초음파도에서도 판막손상이나, 심장내 혈전이 생긴 경우는 없었다. 합병증은 4례(3.7%)에서 발생하였는데, 혈심낭이 3명의 환자에서 발생하였고 1명에서 대퇴동맥에 혈전이 발생하였다.

4. 임상적 추적관찰 결과

추적관찰기간은 평균 13 ± 5 개월(2~27개월)이었고, 이 기간동안 특이한 합병증은 발생하지 않았다. 성공적으로 절제술이 시행된 환자에서는 투여하던 모든 항부정맥제를 중단하였고, 외래를 통하여 빈맥증상의 발생유무

를 확인하였으며 빈맥증상을 호소하는 환자에서 표준유도 심전도와 Holter monitoring을 시행하여 방실회귀 빈맥의 재발여부를 평가하였는데 퇴원 1개월후에 재발된 예는 없었다.

고 안

방실부전도로는 방실결절외에 심방과 심실사이에서 전기가극이 전달되는 통로로써 선천적인 것으로 여겨지고 있다. 이러한 방실부전도로는 방실결절을 통한 정상적인 전도체계와 함께 회귀회로의 한 각으로 작용하여 방실회귀빈맥을 일으키는 원인을 제공한다¹⁹⁾. 1930년 Wolff, Parkinson 및 White는 건강한 젊은 사람에서 짧은 P-R 간격, 각차단 등이 발작성빈맥과 연관되어 자주 나타난다는 사실을 처음으로 보고하였다²⁰⁾. 1932년 Holzmann 등은 WPW 증후군에서 볼 수 있는 이와 같은 심실탈분극의 형태는 각차단에 의한 것과는 다른 것임을 발표하였고, 이들은 비정상적인 방실연결이 WPW 증후군의 원인이 될 것이라고 주장하였다²¹⁾. 1943년 Wood 등은 짧은 P-R 간격과 폭이 넓은 QRS 파를 가진 예에서 심방과 심실사이에서 방실부전도로가 있다는 것을 조직학적으로 증명하였고, 심실이 조기흥분되는 기전

과 심실상성빈맥이 발생하는 기전을 설명하였다²²⁾. 1968년 Scherlag 등은 전국도자를 이용하여 His속의 전기도를 기록하는 방법을 소개하였고, 심실조기흥분의 존재와 그 기전을 확인하는 전기생리학적인 방법을 제안하였다²³⁾. 그 후 전기생리학적인 검사방법의 발달로 방실부전도로의 기능적 특성과 그와 연관된 빈맥의 발생기전에 관하여 더욱 많은 정보가 알려지게 되었다. 1970년 Durrer 등은 프로그램된 전기자극을 이용하여 심방이나 심실을 조기흥분시킴으로써 WPW 증후군 환자에서 특징적으로 볼 수 있는 회귀빈맥을 유발 또는 종료시킬 수 있음을 증명하였다²⁴⁾. 그리고 그들은 이러한 빈맥을 atrioventricular reciprocating tachycardia라고 명명하였다. 방신회귀빈맥을 유발시키는 방실부전도로의 위치는 심실중격내에 있거나 심장의 좌측측면 또는 우측측면에 있으며, 심장의 좌측측면에 위치하는 경우가 가장 많다¹⁸⁾. 방실부전도로는 대개 단일회로로 존재하나 두개 이상의 방실부전도로를 갖는 경우도 10~30%에서 있는 것으로 보고되고 있으며, Ebstein 기형이 있거나 심실세동으로 발전하는 심방세동이 있는 환자에서 높은 빈도를 보인다²⁵⁾. 본 연구에서 방실부전도로가 2개 있었던 환자는 3명(2.8%)으로 외국의 보고보다는 낮았다.

방신회귀빈맥의 치료로는 항부정맥제가 오랫동안 사용되어 왔다. 항부정맥제는 방신허절을 통한 정상전도체계나 방실부전도로의 전도기능에 영향을 주어 빈맥의 발생을 예방하는데 사용되며, 전기생리학적 검사의 발달로 가장 효과적인 약물을 선택할 수도 있어 임상에서 널리 사용되어 왔다. 베타차단제나 칼슘길항제는 방신허절에서의 전도를 지연시키거나 차단시키는데 효과적이며, quinidine이나 disopyramide 등은 주로 방실부전도로의 전도를 지연시키거나 차단시키는데 효과적이다²⁶⁻²⁸⁾. Amiodarone은 방신허절과 방실부전도로 모두에서 전도의 지연이나 차단을 일으키는 약물로써, 이를 저용량으로 사용하여 다른 약물에 반응하지 않는 방신회귀빈맥의 치료에서 좋은 치료성적을 얻는 등 약물요법에서 많은 발전이 있어 왔다²⁹⁾. 최근 국내에서는 발작성 심실상성빈맥 환자에 propafenone을 투여한 후 임상전기생리학 및 장기 효과를 분석하여, propafenone이 발작성 심실상성빈맥의 치료에 안전하고도 효과적임을 보고하였다³⁵⁾. 하지만 약물치료는 약물에 의한 부작용이 있을 수 있고, 거의 평생동안 투약해야 하므로 환자가 자의로 투약을 중단하는 경우를 흔히 볼 수 있으며, 약제를 투여

하는 동안에도 운동이나 정신적인 긴장과 같이 교감신경이 항진되는 경우에는 빈맥이 발생할 수 있어 그 유용성에 한계가 있다고 할 수 있다.

1967년 Burchell 등은 WPW 증후군 환자의 수술시 방실부전도로가 일시적으로 절단되는 것을 관찰하여 보고한 후⁵⁾, 1968년 Cobb, Sealy 등에 의해 WPW 증후군 환자에서 방실부전도로의 외과적 절제술이 처음으로 시도되었고⁶⁾, 방실부전도로의 절단으로 심전도상 심실의 조기흥분 현상이 없어지고 이와 연관된 빈맥이 치료됨을 보고하였다. 그후 20여년동안 약물에 잘 반응하지 않거나 심한 증상을 동반하는 방신회귀빈맥의 경우에 외과적 방실부전도로 절제술은 확실한 치료법으로 자리잡아 왔으나, 개흉술에 따르는 합병증과 사망률이 문제점으로 남아 있었다. 이런 배경에서 1982년 이후 Gallagher와 Scheinman 등은 개심술을 동반하지 않는 경피적 도자절제술을 도입하여, 직류 에너지를 이용하여 방신허전도체계를 절단하려는 시도를 하였다¹¹⁻¹²⁾. 국내에서도 이러한 직류 에너지를 이용하여 146명의 환자에서 86%의 성공적인 우회로 차단을 보고한 바 있다³³⁾. 최근에는 248명의 환자에서 직류 에너지를 이용한 도자절제술로 94%의 환자에서 성공적으로 방실부전도로가 절제되는 좋은 성적을 보고하기도 하였다¹³⁾. 직류에너지가 조직에 주는 전기생리학적인 효과는 첫째로 국소적인 온도의 변화, 둘째로 barotrauma로 인한 물리적인 손상, 셋째로 전기장에 의한 세포막의 손상 등을 들 수 있다³³⁾. 그러나 직류 에너지를 이용한 도자절제술은 높은 에너지의 direct current shock을 이용하여야 하므로 심전공, 심한 혈액학적 변화, 그리고 심근조직에 크고 불균질한 괴사를 일으켜 심실세동과같은 심각한 부정맥을 유발하는 등의 부작용과 환자에게 투여시 전신마취가 필요하며 투여하는 에너지를 단계적으로 조절하기 힘든 점 등이 이 치료법의 단점으로 지적되어왔다.

직류에너지를 이용한 도자절제술의 단점을 보완하기 위하여 1987년 Huang 등이 새로운 에너지원으로 radiofrequency current를 이용하는 도자절제술을 처음으로 시도하였다¹⁴⁾. Radiofrequency current란 주파수 100 KHz에서 1.5 MHz 사이의 파장을 갖는 고주파로써, 도자절제술에 이용되는 radiofrequency 에너지는 대개 300 KHz에서 1.0 MHz 사이의 파장을 사용하며 이 경우 대략 조직에 전달되는 전기에너지는 평균 100 volt 미만으로 150-350 Ohm 정도의 저항이 걸린다.

Radiofrequency current를 이용한 도자절제술은 직류 에너지와는 달리 작고 균질한 조직괴사를 가져와 심각한 부정맥의 발생빈도가 낮고, 심한 혈액학적 변화와 심장 천공과 같은 합병증이 적으며, 근신경섬유를 자극하지 않아 통증을 거의 느끼지 않으므로 전신마취가 필요하지 않다는 장점이 있다³⁰⁾. 1991년 Jackman 등은 166명의 환자에서 radiofrequency current를 이용하는 도자절제술을 시술하여 164명의 환자에서 성공적으로 방실부전도로가 절단되어 99%에 이르는 높은 성공율과 1.8%의 낮은 합병율(완전 방실차단 1명, 심낭염 1명, 심장 tamponade 1명)을 보고하였다¹⁷⁾. 1994년 조 등은 80명의 환자를 대상으로 radiofrequency current를 이용하는 도자절제술을 시술하여 75명의 환자에서 성공적으로 시술이 시행되어 93.8%의 성공율과 2.5%의 합병율을 보고하였으며, radiofrequency current를 이용하는 도자절제술이 매우 효과적이고 안전하나, 우측 자유벽 우회로의 절제는 다른 부위보다 절제가 어려워 이 문제를 해결하기 위하여 보다 효율적인 절제기술의 개발이 필요하다고 주장하였다³⁴⁾.

Langberg 등과 Haines은 도자원위부 전극의 크기, 도자-조직간 압력, 그리고 에너지 투여시간이 조직괴사의 정도에 미치는 영향을 연구하여, 도자원위부 전극의 크기는 4mm가 적합하고 충분히 조직과 접촉을 해야만 조직괴사의 크기가 최대가 되며 이 경우 에너지의 투여는 30~40초 정도면 충분하다는 것을 밝혔다³¹⁻³²⁾. Radiofrequency current를 이용한 도자절제술은 일정량의 전력을 투여하는 방법(constant power mode)과 심내막에서의 온도변화를 계속 감지하여 정해진 온도가 유지되도록 투여하는 전력의 양을 조절하는 방법인 온도감지형(temperature-guided mode)의 두가지가 있다. Radiofrequency current를 이용한 도자절제술에 있어서의 성공율과 합병증의 발생빈도는 조직괴사의 크기와 관련이 깊은데, 이 조직괴사의 크기는 조직에서 발생하는 열과 직접적인 관련이 있어, 최근에는 조직의 목표온도를 70℃정도로 하여 20~30초동안 에너지를 투여하는 방법의 장점이 보고되고 있다. 즉 온도감지형 절제술을 이용하면 일정전력을 투여하는 방법에 비해 전극에 coagulum 형성이나 갑작스러운 저항의 증가가 적게 일어나 시술시간이 짧고 방사선 피폭량이 작으며 에너지 투여횟수를 줄일 수 있다³¹⁾.

연구배경 :

회귀기전은 발작성 심실상성빈맥의 중요한 원인이며, 그중에서 방실회귀는 국내에서 발작성 심실상성빈맥의 원인중 가장 많은 부분을 차지한다. Radiofrequency catheter ablation은 1980년대 후반부터 사용되기 시작하여, 최근들어 발작성 심실상성빈맥의 치료에 효과적이고 안전한 방법으로 인정되고 있다.

방 법 :

증상을 호소하는 방실회귀빈맥 환자에서 1992년 10월부터 1995년 2월까지 radiofrequency catheter ablation을 이용한 방실부전도로 절제술을 시도하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

결 과 :

- 1) 대상환자수는 109명으로 남자 68명, 여자 41명이었으며 평균연령은 41±14세(11~70세)였다.
- 2) 세명의 환자에서 두개의 방실부전도로가 발견되어 109의 환자에서 총 112개의 방실부전도로가 확인되었다.
- 3) 도자절제술은 97개의 방실부전도로에서는 온도감지형(temperature-guided mode)에 의하였고 15개의 방실부전도로에서는 일정전류방출형(constant power mode)으로 하였다. 성공적인 방실부전도로의 절제는 112개의 방실부전도로중 102개에서 이루어져 성공율은 91%였다.
- 4) 방실부전도로가 온도감지형에 의해 성공적으로 절제된 환자에서는 투여한 radiofrequency current 의 총에너지, 최고전류량 및 평균전류량은 심실측에서 투여한 경우보다 심방측에서 투여한 경우가 의미있게 높았으며, 전류투여 회수도 심방측에서 높았다.
- 5) 합병증은 4례(3.7%)에서 있었는데, 혈심낭이 3명의 환자에서 발생하였고 1명에서 대퇴동맥에 혈전아 발생하였다.
- 6) 재발은 5명의 환자에서 일어났으며, 이들중 4명의 환자에서 다시 절제술을 시행하여 모두 성공하였다.
- 7) 추적관찰기간은 평균 13±5(2~27) 개월이었고, 이 기간동안 다른 특이한 합병증은 발생하지 않았다.

결 론 :

이상의 결과에서 방실회귀빈맥의 비약물성 치료로 방실부전도로의 radiofrequency catheter ablation은 효

과적이며 비교적 안전한 시술이라고 사료된다.

References

- 1) Hoffman BF, Rosen MR : *Cellular mechanisms for cardiac arrhythmias*. *Circ Res* 49 : 1, 1981
- 2) Josephson ME, Kastor JA : *Supraventricular tachycardia : Mechanism and management*. *Ann Intern Med* 87 : 346-358, 1977
- 3) Denes P, Wu D, Dhingra RC, Chuquimia R, Rossin KM : *Demonstration of dual A-V nodal pathways in patients with paroxysmal supraventricular tachycardia*. *Circulation* 48 : 549-555, 1973
- 4) 최윤식 · 도문홍 · 한병석 · 김재중 · 오병희 · 박영배 · 서정돈 · 이영우 : 발작성 심실상성빈맥의 발생기전에 대한 임상전기생리학적 연구. *대한내과학잡지*. 36 : 779-85, 1989
- 5) Burchell HB, Frye RL, Anderson MV : *Atrioventricular and ventriculoatrial excitation in Wolff-Parkinson-White syndrome (type B). Temporary ablation at surgery*. *Circulation* 36 : 663-72, 1967
- 6) Cobb FR, Blumenschein SD, Sealy WC : *Successful surgical interruption of the bundle of Kent in a patient with Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Circulation* 38 : 1018-29, 1968
- 7) Sealy WC, Hattler BG, Blumenschein SD, Cobb FR : *Surgical treatment of Wolff-Parkinson-White Syndrome*. *Ann Thorac Surg* 8 : 1-11, 1969
- 8) Sealy WC : *The Wolff-Parkinson-White syndrome and the beginnings of direct arrhythmia surgery*. *Ann Thorac Surg* 2 : 176-80, 1984
- 9) Cox JL, Gallagher JJ, Cain ME : *Experience with 118 consecutive patients undergoing operation for WPW syndrome*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 90 : 490-501, 1985
- 10) Scheinman MM, Morady F, Hess DS, Gonzalez R : *Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmia*. *JAMA* 248 : 851-55, 1982
- 11) Gallagher JJ, Svenson RH, Kasell JH : *Catheter technique for closed-chest ablation of the atrioventricular conduction system*. *N Engl J Med* 306 : 194-200, 1982
- 12) Scheinman MM, Evans-Bell T : *Catheter ablation of the atrioventricular junction: A report of the percutaneous mapping and ablation registry*. *Circulation* 70 : 1024-29, 1984
- 13) Warin JF, Haissaguerre M, D'ivermois C, Le Letayer P, Montserrat P : *Catheter ablation of accessory pathways : Technique and results in 248 patients*. *PACE* 13 : 1609-14, 1990
- 14) Huang SKS, Bharati S, Graham AR, Lev M, Marcus FI, Odell RC : *Closed chest catheter desiccation of the atrioventricular junction using radiofrequency energy - a new method of catheter ablation*. *J Am Coll Cardiol* 9 : 349-58, 1987
- 15) Huang SKS, Graham AR, Bharati S, Lee MA, Gorman G, Lev M : *Short-term and long-term effects of transcatheter ablation of the coronary sinus by radiofrequency energy*. *Circulation* 78 : 416-27, 1988
- 16) Huang SKS : *Radiofrequency catheter ablation of cardiac arrhythmias : appraisal of an evolving therapeutic modality*. *Am Heart J* 118 : 1317-23, 1989
- 17) Jackman WM, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Beckman KJ, McClelland JH, Twidale N, Hazlitt HA, Prior MI, Margolis PD, Calame JD, Overholt ED, Lazzara R : *Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways (Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current*. *N Engl J Med* 324 : 1605-1611, 1991
- 18) Calkins H, Langberg J, Sousa J, El-Atassi R, Leon A, Kou W, Kalbfleisch S, Morady F : *Radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections in 250 patients : abbreviated therapeutic approach to Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Circulation* 85 : 1337-46, 1992
- 19) Ohnell RF : *Pre-excitation - a cardiac abnormality*. *Acta Med Scand* 152 : 1, 1944
- 20) Wolff L, Parkinson J, White PD : *Bundle branch block with short P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia*. *Am Heart J* 5 : 685-704, 1930
- 21) Holzman M, Scherf D : *Über elektrokardiogramme mit verkürzter Vorhof-Kammer-Distanz und positiven P-Zacken*. *Z Klin Med* 121 : 404, 1932
- 22) Wood FC, Wolferth CC, Geckeler GD : *Histologic demonstration of accessory muscular connections between auricle and ventricle in a case of short P-R interval and prolonged QRS complexes*. *Am Heart J* 25 : 454-62, 1943
- 23) Scherlag BJ, Lau SH, Helfant RA : *A catheterization technique for recording His bundle stimulation*

- lation and recording in the intact dog. *J Appl Physiol* 25 : 425-28, 1968
- 24) Durrer D, Schuilenburg RM, Wellens HJ : *Pre-excitation revisited*. *Am J Cardiol* 25 : 690-97, 1970
 - 25) Gallagher J, Sealy WC, Kasell J : *Multiple accessory pathways in patients with preexcitation syndrome*. *Circulation* 54 : 571, 1976
 - 26) Kunze K, Schultze M, Kuck K : *Sotalol in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Circulation* 75 : 1050-57, 1987
 - 27) Sellers TD, Campbell RWF, Bashore TM : *Effects of procainamide and quinidine sulfate in the Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Circulation* 55 : 15-22, 1977
 - 28) Kerr CR, Prystowsky EN, Smith WM : *Electrophysiological effects of disopyramide phosphate in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Circulation* 65 : 869-78, 1982
 - 29) Wellens HJJ, Lie KL, Bar FW : *Effects of amiodarone in Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Am J Cardiol* 38 : 189-94, 1976
 - 30) Huang SKS, Graham AR, Lee MA, Ring ME, Gormal GD, Schiffman R : *Comparison of catheter ablation using radiofrequency versus direct current energy*. *J Am Coll Cardiol* 18 : 1091-1097, 1991
 - 31) Langberg JJ, Lee MA, Chin MC, Rosenqvist M : *Radiofrequency catheter ablation : The effect of electrode size on lesion volume in vivo*. *PACE* 13 : 1242-48, 1990
 - 32) Haines DE : *Determinants of lesion size during radiofrequency catheter ablation : The role of electrode-tissue contact pressure and duration of energy delivery*. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2 : 509-515, 1991
 - 33) 김성준 : 심장 부정맥에 대한 전극도자 절제술. *대한의학협회지* 35 : 673-682, 1992
 - 34) 조정관 · 류제영 · 배 열 · 류문희 · 서정평 · 조인종 · 이명곤 · 박종수 · 박주형 · 길광채 · 정명호 · 박종춘, 강정채 : 방실우회로 절제술의 임상경험 : 고주파 에너지를 이용한 전극도자 방실우회로 절제술의 결과에 영향을 미치는 인자들. *순환기* 24 : 621-633, 1994
 - 35) 최윤식 · 손대원 · 오병희 · 이명목 · 박영배 · 서정돈 · 이영우 : 발작성 심실상성빈맥에 대한 Propafenone의 임상전기생리학적 및 장기 효과. *순환기* 23 : 440-447, 1993