

방실결절 회귀성 빈맥 환자에서 Radiofrequency Energy를 이용한 선택적 카테타 절제술(Catheter Ablation)

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 내과학교실, 소아과학교실*

김재중 · 두영철 · 김원호 · 송재관 · 박성욱

박승정 · 강덕현 · 김영휘* · 박인숙* · 이종구

= Abstract =

The Selective Radiofrequency Catheter Ablation in Patients with AV Nodal Reentrant Tachycardia

Jae-Joong Kim, M.D., Young-Cheoul Doo, M.D., Won-Ho Kim, M.D.,
Jae-Kwan Song, M.D., Seong-Wook Park, M.D., Seung-Jung Park, M.D.,
Duk-Hyun Kang, M.D., Young-Hwue Kim, M.D.,*
In-Sook Park, M.D.,* Jong-Koo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine and Pediatrics, Asna Medical Center, College of Medicine,
University of Ulsan, Seoul, Korea*

Background : The catheter ablation using radiofrequency(RF) energy in patients with AV nodal reentrant tachycardia(AVNRT) has been proved as a safe and effective nonpharmacologic therapeutic modality. The selective ablation of slow pathway is now becoming a standard treatment in patients with AVNRT because of its high success rate and negligible AV block risk. In our study, we demonstrated the feasibility, success rate and complications of selective radiofrequency catheter ablation of fast pathway or slow pathway for the treatment of AV nodal reentrant tachycardia.

Methods : Among patients diagnosed as AVNRT by electrophysiologic study, total 21 patients (M : F=11 : 10, mean age ; 39 years old) were included in this study. Selective RF ablation of fast pathway was performed in 9 patients and selective RF ablation of slow pathway in 12 patients. The RF generator used in this study was Osypka HAT 200 model and catheters were 6 F or 7 F steerable catheters with 4 mm distal tip.

Results : The successful selective ablation was achieved in 18 of 21 patient(86%). The success rate of selective ablation of fast pathway was 67%(6/9 patients) and that of slow pathway was 100%(12/12). The complication(complete AV block) was occurred in one patient in selective ablation of fast pathway but there was no AV block in selective ablation of slow pathway. During follow-up, there was one recurrence in patients treated by selective ablation of fast pathway(mean F/U : 17 months) but there has been no recurrence yet in patients treated by selective ablation of slow pathway(mean F/U : 6 months). The procedural feasibility between two ablation methods in terms of total procedure time, fluoroscopic time and number of RF

applications was not different significantly.

Conclusion : The RF ablation in patients with AV nodal reentrant tachycardia is a safe and a effective nonpharmacologic therapeutic modality. Especially, the selective RF ablation of slow pathway is a promising therapeutic modality in patients with AV nodal reentrant tachycardia.

KEY WORDS : Catheter ablation · Radiofrequency energy · AV nodal reentrant tachycardia.

서 론

방실결절 회귀성 빈맥(AV nodal reentrant tachycardia)은 발작성 상심실성 빈맥의 가장 흔한 원인으로 보고되고 있으며^{1,2,3)} 국내에서는 발작성 상심실성 빈맥의 원인중 manifest WPW 증후군을 제외한 원인들 중에서 대략 30~40% 정도로 보고되어있다.

방실결절 회귀성 빈맥 환자들에서 약물치료에 반응하지 않는 경우 비약물 요법을 고려하게 되는데, 초기에는 방실차단을 유발하지 않으면서 방실결절 회귀성 빈맥을 차단하는 외과적 수술방법이 개발되어 1980년대 중반에 많은 보고들이 있었다^{4,5,6,7)}. 외과적인 방법으로 3% 미만에서의 방실블록과 90% 이상의 성공율등 좋은 결과를 얻었으나, 외과적인 수술이 주는 개심술의 위험성및 합병증이 문제가 되었다.

1980년대 후반 direct current(DC) 에너지를 이용하여 방실결절 부위를 파괴하여 방실전도를 유지시키면서 방실결절 회귀성 빈맥을 차단시키는, 특히 fast pathway를 선택적으로 변조시키는 시도가 나타났다^{8,9)}. 이 방법으로 80%의 성공율을 얻었으나, 10% 정도에서 완전방실블록이 나타났고, DC에너지는 환자에게 투여시 전신 마취등이 필요하게 되며 투여하는 에너지를 단계적으로 조절하기가 힘든 단점을 나타내었다. 따라서 DC 에너지의 대체 에너지로 radiofrequency(RF) 에너지가 등장하게 되었다. RF 에너지는 DC 에너지와는 달리 병변의 크기가 균일하고 작아서 보다 정확한 조직파괴가 가능하고, 에너지 투여시나 투여후 혈액학적 변화가 거의 없고, 에너지를 단계적으로 조절이 가능하며, 환자에게 전신마취가 필요없다는 큰 장점을 갖고 있다^{10,11)}. RF 에너지의 등장으로 방실결절 회귀성 빈맥환자에서 비약물적 요법인

카테타 절제술(catheter ablation)의 이용이 널리 되기 시작하였고, 특히 fast pathway나 slow pathway의 선택적 변조가 매우 효과적으로 이루어지기 시작하였다^{11,12,13,14,15,16,17)}.

본 연구에서는 본원에 입원하여 전기 생리학적 검사후 방실결절 회귀성 빈맥으로 진단받은 환자들중 비약물적 요법으로 RF 에너지를 이용한 카테타 절제술을 시행받은 환자들을 대상으로 시술의 성공율, 시술 방법 및 시술의 합병증등을 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

카테타 절제술의 대상이 되는 환자는 12유도 심전도상 상심실성 빈맥으로 진단된 환자들로 경구 verapamil이나 경구 베타차단제 혹은 이들의 병합투여에도 임상적으로 빈맥의 재발이 있는 경우를 우선 대상으로 하였고, 이들의 경우외에도 환자가 카테타 절제술을 선호하는 경우에는 대상으로 하였다. 대상 환자들은 빈맥의 발생 기간이 평균 4.6년(1~20년)으로, 남자가 11명 여자가 10명이었으며, 평균 연령은 39세(11~65세)였다.

2. 방 법

카테타 절제술은 전기 생리학적 검사로 방실결절 회귀성 빈맥으로 진단후 바로 시행하였다.

1) 전기 생리학적 검사

전기 생리학적 검사는 공복 상태에서 통상적인 방법으로 시행하였고, 심장내 전극도자는 우심방상부(high right atrium), 우심실 첨부(right ventricle apex), 관장맥동(coronary sinus)내 및 His bundle 전기도를 얻기 위한 위치에 각각 위치시켰다.

전기 생리학적 검사시 방실결절 회귀성 빈맥의

진단은 대개의 경우에서 정방향 전도(antegrade conduction)시 방실결절의 이중 전도로가 증명이 되고 상심실성 빈맥의 발생시 AH간격의 점프가 있으므로 비교적 쉽게 가능하나, 중격우회로나 심방성 빈맥의 가능성을 배제하기 위하여 다음의 조건을 만족함을 증명하였다.

1) 상심실성 빈맥시 심방의 심내막 전기도가 심실 전기도와 일치하거나 조금 앞선다.

2) 상심실성 빈맥시 His bundle 전기도가 나타나는 시기에서 심실기의 자극을 주는 경우 심방 전기도의 발현시기가 앞당겨지지 않는다.

3) 심방전기도의 발현 시기(activation sequence)가 상심성 빈맥시와 심실 자극시에 서로 동일하다.

이상의 조건들을 만족시킴을 증명하여 방실결절 회귀성 빈맥으로 최종적으로 진단한후 연속적 시술로써 바로 선택적 방실결절 카데타 절제술을 시행하였다.

2) Fast pathway의 선택적 카데타 절제술

시술은 전기 생리학적 검사 후 방실결절 회귀성 빈맥으로 진단된 경우에 환자 및 보호자에게 방실블록의 위험성을 충분히 설명한 후 동의를 얻은 경우에만 시행하였다.

RF 에너지원으로 Osypka사의 HAT 200의 RF generator를 이용하였으며 6F의 4극도자(quadripolar)로 원위부 전극 크기가 4mm인 steerable 카데타를 사용하였다. Steerable 카데타를 우측 대퇴정맥을 이용하여 삼첨판막윤에 위치시킨 후 우선 His bundle 전위가 크게 나타나는 위치를 먼저 찾았다. 이 위치를 찾게되면 전극도자와 조직과의 접촉을 최대한으로 시키면서(시계방향의 torque를 준다) 도자를 조금씩 우심방내로 이동시켜 전극도자의 원위부 2개의 전극에서 심방/심실 전위의 비가 1이상이고 His bundle 전위의 크기가 0.1mV이하이거나 전혀 보이지 않는 위치를 찾았다. 이 위치에서 심내막 전위를 안정된 상태로 유지시키면서 초기 15W부터 시작하여 RF 에너지를 주었다. RF 에너지를 주는 동안에는 지속적으로 심전도를(lead II) 기록하였다. 에너지는 심전도상 PR 간격이 50% 이상 갑자기 증가하거나, 방실블록이 나타나거나 혹은 저항의 증가가 나타나면 중지하였고, 에너지를 주는 동안 방실접합부 울동(junctional rhythm)이 나타나서

PR간격을 알기 어려운 경우에는 rapid atrial pacing을 하면서 에너지를 주었다. 에너지를 30초간 주어도 상기의 변화가 없으면 5W씩 에너지를 증가시키면서 다시 시도하였고, 25W의 에너지에서도 상기의 변화가 나타나지 않으면 카데타의 위치를 변화시킨 후 15W부터 다시 시작하였다. 카데타의 위치를 4~5군데 변화시켜도 성공하지 못하면 실패한 것으로 간주하였다. 성공적인 시술은 isoproterenol을 정주하면서 전기 생리학적 검사를 시행하여 fast pathway 역향전도의 완전 차단이 있거나, 전향전도나 역향전도의 성격이 변화하여 방실결절 회귀성 빈맥이 유발되지 않는 경우에 성공적 시술로 정의하였다.

3) Slow pathway의 선택적 카데타 절제술

시술은 fast pathway의 카데타 절제술에서와 마찬가지로 전기 생리학적 검사후 방실결절 회귀성 빈맥으로 진단된 경우에 환자 및 보호자에게 시술의 합병증을 충분히 설명하여 동의를 얻은 경우에만 시행하였다.

RF 에너지원으로 Osypka사의 HAT 200 model의 RF generator를 사용하였다. 카데타 절제술에 사용된 steerable 카데타는 7F의 4극도자로 원위부 전극크기가 4mm인 도자를 사용하였다. 이들 카데타를 우측 대퇴정맥을 통하여 우선 삼첨판막윤에 위치시켜 His bundle 전위가 나타나는 부위에서 심실 방향으로 1~2cm 더 진행시킨 후에 카데타 끝을 완전히 아래 방향으로 구부려서 삼첨판막윤의 하단부 심실에 위치시켰다. 카데타의 위치 이동은 right anterior oblique 30° view에서 시행하였다. 원위부 2개의 전극에서 심방/심실 전위의 크기를 0.1~0.3정도로 유지시키면서(Fig. 1) 처음 20~30분간 삼첨판막윤 하단에서 His bundle 카데타의 위치까지 steerable 카데타를 움직이면서 slow pathway 전위를 찾았다. 이 동안에 slow pathway 전위가 발견이 되면 이 부위에 25~35W의 RF 에너지를 주었고, 이 기간내에 slow pathway 전위를 발견하지 못하는 경우에는 삼첨판막윤 하단 및 관정맥동 입구에서부터 해부학적 접근방법(anatomical approach)을 시도하였다. RF 에너지는 소아에서는 25W부터 시작하였으나, 성인에서는 처음부터 30W 정도에서 시작하였으며, Osypka사의 temperature

guided 카테타를 사용하는 경우에는 60~70°C로 온도를 고정시킨후 에너지를 주었다.

카테타의 위치 이동은 10~15초간 에너지를 주어도 방실접합부 울동(junctional rhythm)이 나타나지 않으면 위치 이동을 하였다. 에너지를 주기 시작하여 10~15초 이내에 방실접합부 울동이 나타나면(Fig. 2), 그 시점부터 30초간을 더 에너지를 주었으며, 만일 이 기간에 방실블록이 오면 즉시에서 에너지를 중단하였다. 방실접합부 울동이 나

타난 경우 slow pathway의 전향전도 유무를 확인하여 slow pathway가 사라진 경우에는 30분 뒤에 isoproterenol을 정주하면서 다시 전기 생리학적인 검사를 시행하였고, 계속 존재하는 경우에는 방실 회귀성 빈맥을 유발시켜 보아 유발되지 않는 경우에만 30분 뒤에 상기의 방법으로 재검사를 하였다. 성공적인 slow pathway의 변조는 slow pathway가 완전히 소실되거나, 아니면 남아 있는 경우에는 isoproterenol 정주시 2~3개의 심방기의 자



Fig. 1. The target site of successful slow pathway ablation shows a small A and a large V. The usual AV ratio at successful site is about 0.1–0.3.

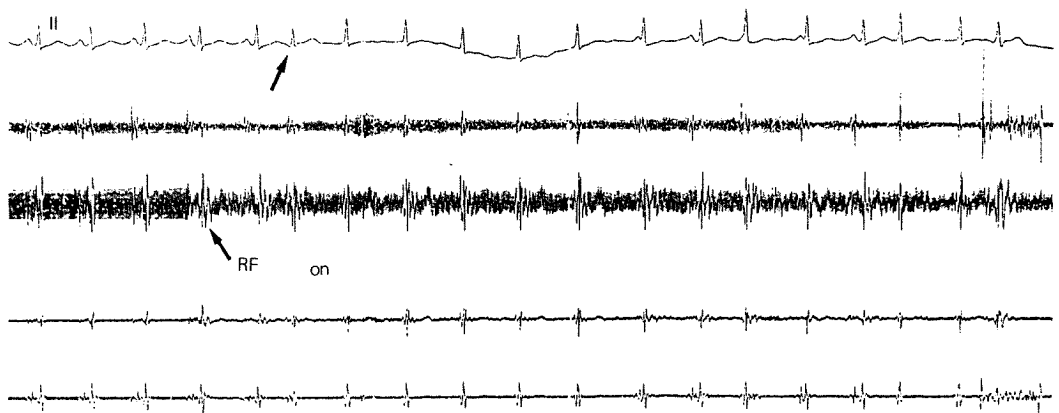


Fig. 2. Junctional rhythm during RF ablation of slow pathway in patient with AV nodal reentrant tachycardia. The occurrence of junctional rhythm during RF application is the most sensitive and specific marker of successful ablation of AV nodal reentrant tachycardia.

극에서도 방실결절 회귀성 에코박동(echo beat)이 하나 이상이 나타나지 않으면 성공적인 시술로 정의하였다.

4) 추적 관찰

성공적인 시술후 2~3일 내에 전기 생리학적 검사를 다시 시행하는 추적 전기생리학적 검사는 시행하지 않았으며, 모든 항부정맥제를 끊은 후 임상적 경과 관찰만 보았다. 임상적 경과 관찰시 시술전의 발작성 빈맥의 증상이 재발되지 않으면 임상적으로 재발이 없는 것으로 정의하였다.

결 과

1. 임상데이터

대상 환자는 모두 21명으로 남자 11명, 여자 10명이었으며 평균 연령은 41세(11~67세)였다. 시술의 성공은 전반적으로 21명중 18명에서 성공하여 86%에서 성공하였다. Fast pathway와 slow pathway의 선택적 변조를 분리하여 보면 fast pathway의 변조는 9명으로 남자 6명, 여자 3명, 평균 연령은 41세(13~58세)였고, slow pathway 변조는 12명으로 남자 5명, 여자 7명, 평균 연령은 41세(11~67세)

였다. 시술의 성공은 fast pathway의 선택적 변조를 시행한 경우 67%(6/9)에서 성공하였고, slow pathway의 선택적 변조를 시행한 경우에는 12명 모두에서 성공하였다(100%).

2. Fast pathway의 선택적 변조

Fast pathway의 선택적 변조는 9명에서 시도되어 6명에서 성공하였다. 성공적인 시술이 되었던 6명중 3명에서는 정방향 및 역방향(antegrade and retrograde)의 fast pathway가 완전히 소실되었고, 2명에서는 정방향 및 역방향의 fast pathway가 존재하나 심실심방 block cycle length(VABCL)가 400msec 이상으로 길어졌고, 1명에서는 정방향의 fast pathway는 남아 있으면서 역방향의 fast pathway만 완전히 차단되었다. 정방향 및 역방향의 fast pathway가 완전히 차단된 경우에는 Fig. 3에서 보듯이 단일 심방 기외자극시 A_2H_2 간격이 변조전에는 갑작스런 점프와 함께 방실회귀성 빈맥이 유발되나, 변조후에는 정방향 fast pathway가 완전히 소실되어 처음부터 slow pathway로 전도가 되는 것을 알수 있다.

3. Slow pathway의 선택적 변조

Slow pathway의 선택적 변조는 12명에서 시도되

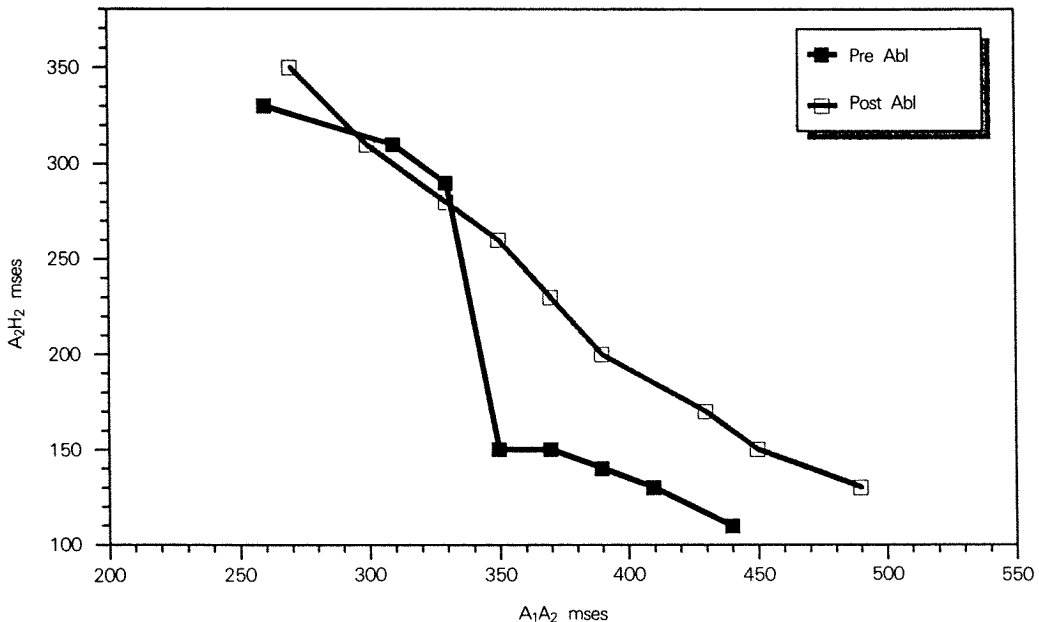


Fig. 3. The changes of AH intervals after fast pathway ablation. The AH intervals after fast pathway ablation shows a complete disappearance of fast pathway.

어 12명 모두에서 성공하였다. Slow pathway의 전위를 발견하여 RF 에너지를 주었던 경우는 2명에서였으며 나머지 10명에서는 해부학적 접근 방법을 사용하여 시행하였다. 성공적인 slow pathway의 변조가 이루어졌던 부위는 P(posterior) site가 2명, M(medial) site가 7명, A(anterior) site가 3명으로 M site가 가장 많았다. 11명에서는 정방향의 slow pathway가 완전히 소실되었고, 1명에서는 정방향의 slow pathway가 건재하나 isoproterenol을 정주하면서 시행한 프로그램된 전기 자극에도 방실결절 회귀성 빈맥은 물론 slow-fast형의 단일 에코박동도 나타나지 않았다. 정방향의 slow pathway가 소실되었던 11명중 1명에서는 역방향의 fast pathway가 손상을 받아 fast pathway의 VABCL이 시술전 260 msec에서 시술후 360msec로 증가하였다. 이 환자는 M site에서 성공적인 변조가 되었었다.

Fig. 4에서 보듯이 성공적이 slow pathway의 소실후 단일 심방 기외자극시 A_2H_2 간격이 갑작스런 점프를 보이지 않으며 처음부터 fast pathway로 전도가 이루어지다가 차단되는 것을 알수가 있다.

4. 합병증

Fast pathway의 선택적 변조를 시행하였던 9명중

1명(11%)에서 완전 방실블록이 있었고(Fig. 5), 1명에서는 PR간격이 0.26초정도의 제 1도 방실블록이 나타났다. 그러나 slow pathway의 선택적 변조를 시행하였던 12명중에는 어떠한 방실블록도 발생하지 않았다. 이외의 다른 합병증은 양쪽 시술에서 공히 나타나지 않았다. 완전 방실블록이 생겼던 환자는 2일후 dual chamber의 영구 인공심박동기 시술을 받았다.

5. Fast pathway 및 slow pathway의 선택적 변조의 비교

Table 1에서 알수 있듯이 성공율 및 방실블록의 위험성에 있어서 slow pathway의 선택적 변조가 성공율이 높고 방실블록이 적었다. 이외에 fluoroscopic time은 slow pathway변조시 더 적게 나타났으나 이는 fast pathway의 변조에 있어 성공하지 못했던 경우를 제외하면 큰차이가 없었으며, 에너지의 양(W)은 fast pathway가 더 적은 양으로 가능하였던 것을 제외하면 두 시술간에 큰 차이는 없었다.

Table 2는 성공적인 시술이 가능하였던 18명을 대상으로 두 시술사이에 시술전후의 전기생리학적인 데이터를 비교한 것이다. 이들 데이터에서 나타나

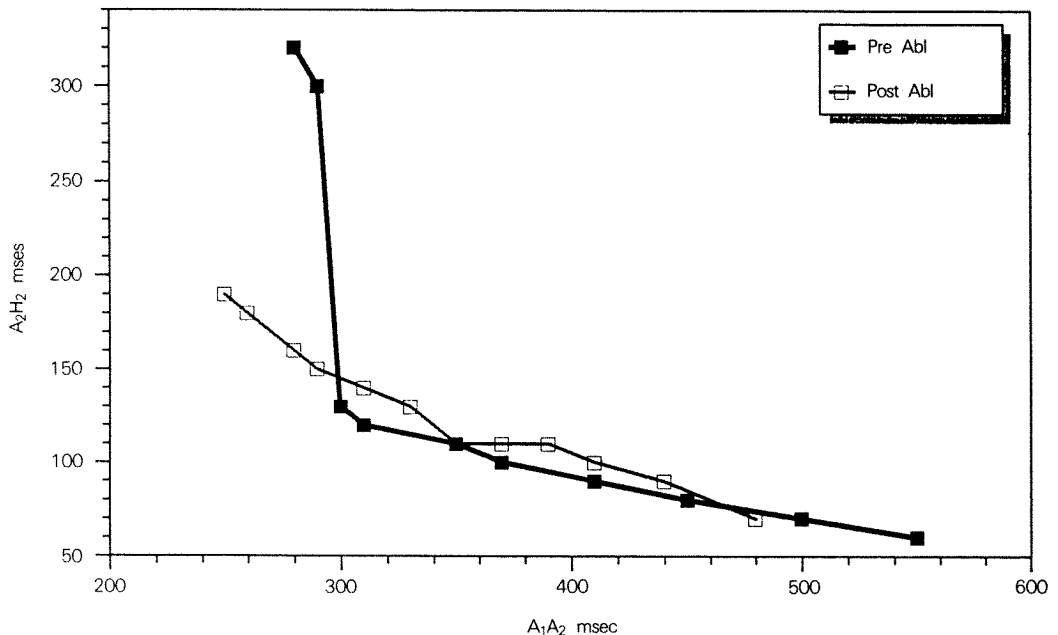


Fig. 4. The changes of AH intervals after slow pathway ablation. The disappearance of AH jump after slow pathway ablation is a marker of the successful slow pathway ablation.

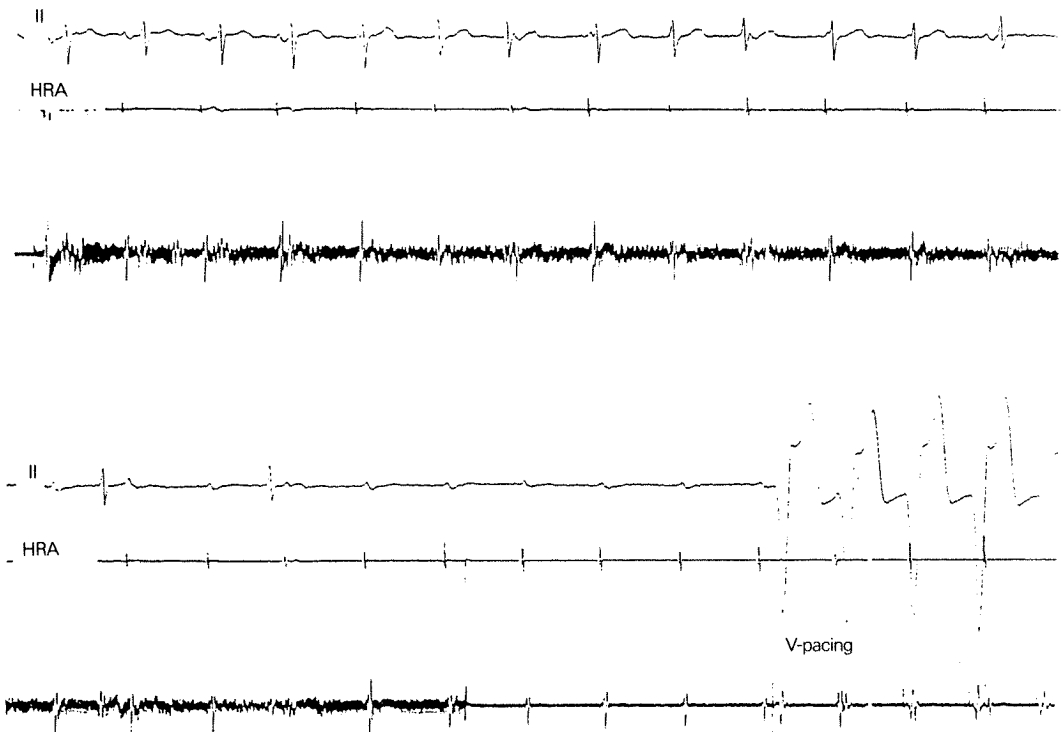


Fig. 5. The complete AV block occurred during RF ablation of fast pathway in patient with AV nodal reentrant tachycardia.

Table 1. Comparison of fast pathway(FP) ablation and slow pathway(SP) ablation

	FP Ablation	SP Ablation
No. of RF applications	6.7(1-22)	7.2(1-18)
Watts	21(15-25)	32.0(24-46)
Procedure time(hours)	3.6(2-5)	3.0(2.0-4.0)
Fluoroscopic time(min)	77.6(11-127)	46(15-82)
Mean RF application time(sec)	27.5(17-40)	22.0(11-40)
Success rate	6/9(67%)	12/12(100%)
Complete AV block	1/9(11%)	0/12(0%)
First degree AV block	1/9(11%)	0/12(0%)

듯이 성공적인 시술시 각각의 전도로가 선택적으로 손상을 받는다는 것을 알수가 있다.

6. 추적 관찰

Fast pathway의 성공적인 시술을 시행받았던 6명중 1명에서(16%) 방실결절 회귀성 빈맥이 재발하였다(평균 추적 기간 : 17개월, 12~22개월). 이 환자는 시술후 2개월 지나서 재발하였으며 처음

Table 2. Comparison of fast pathway(FP) ablation and slow pathway(SP) ablation-the electro-physiologic parameters

	(mean \pm SD, msec)			
	FP Ablation		SP Ablation	
AH	71 \pm 11	141 \pm 63	71 \pm 8	63 \pm 8
AH max	396 \pm 121	388 \pm 151	326 \pm 69	172 \pm 20
AVBCL(fp)	416 \pm 61	\geq BSCL*	318 \pm 27	302 \pm 23
AVBCL(sp)	374 \pm 77	376 \pm 92	304 \pm 34	BSCL
AVNERP(fp)	336 \pm 42	\geq BSCL	287 \pm 30	249 \pm 27
AVNERP(sp)	304 \pm 50	322 \pm 32	258 \pm 20	\geq BSCL
AVBCL	344 \pm 59	\geq BSCL	306 \pm 66	309 \pm 33
VACSERP	286 \pm 57	\geq BSCL	280 \pm 57	263 \pm 39
HV	47 \pm 4	47 \pm 5	47 \pm 8	48 \pm 9

*BSCL : basic sinus cycle length

시술시 fast pathway가 완전히 소실되지 않고 VA-BCL이 480msec로 길어졌던 환자였다. 재발시 빈맥의 cycle length가 460msec정도여서 현재 verapamil 경구투여하면서 재발없이 지내고 있다.

Slow pathway의 성공적인 시술을 받았던 12명 중

현재 평균 6개월(1~10개월)간 추적 관찰 결과 아직은 방실결절 회귀성 빈맥이 재발된 경우는 없었다.

고 안

Raiofrequency란 주파수 100KHz에서 1.5MHz 사이의 파장을 갖는 고주파로써 1928년 Bovie electrosurgical unit가 등장하기 시작하면서부터 의학계에 등장하였다. 이 RF 에너지가 카테타 절제술의 에너지원으로 이용되기 시작한 것은 Huang등에¹⁸⁾ 의하여 처음 시도된 후 부터이며, 카테타 절제술에 이용되는 RF 에너지는 300KHz에서 1.0MHz사이의 주파수로 continuous unmodulated sinusoidal waveform을 갖으며, 이 경우 대략 조직에 전달되는 전기에너지는 평균 100volts 미만으로 150~350 Ohms 정도의 저항이 걸린다. 이러한 RF 에너지는 DC 에너지를 이용한 카테타 절제술과는 달리 barotrauma가 없으며, 근신경섬유(neuromuscular fiber)를 자극하지 않으므로 심한 동통의 유발이 없어 전신마취가 필요 없으며, 전극으로부터 gas bubble 형성이나 카테타의 손상이 거의 없다는 장점이 있다. 또한 형성되는 병변의 크기가 작으며 병변의 형성이 homogenous 하므로 proarrhythmic effect가 적다¹⁰⁾ 장점이 있다. 이러한 RF 에너지의 등장은 초기에는 치료에 반응을 하지 않는 상실성 빈맥 환자에서 방실결합부(AV junction)의 완전 파괴에 시도가 되었고¹⁹⁾, 이에 대한 경험이 축적되면서 1990년대 초 부터는 DC 에너지를 대체하여 각종 상심실성 빈맥의 카테타 절제술에 이용되기 시작하게 되었다.

방실결절 회귀성 빈맥의 치료에서의 RF 에너지의 이용은 1989년 Sanjuan등과²⁰⁾ 1990년 Goy등에²¹⁾ 의하여 처음 보고되었다. 그러나 이 당시에는 RF 에너지의 인간 체내에서의 조직파괴에 대한 생리학적이고 물리학적 연구가 충분히 되어 있지 않은 상태로 steerable 카테타를 사용하지 못하였으며, 또한 원위부 전극의 크기가 2mm인 카테타를 사용하였으므로 높은 성공율을 보고하지는 못하였다. 이후 Lanberg등과²²⁾ Haines에²³⁾ 의하여 RF 에너지는 원위부 전극의 크기가 4mm가 적합하며, 충분한 조직과의 접촉을 해야만 병변의 크기가 최대가

되고, 이 경우 에너지의 투여는 30~40초면 충분하다는 것이 알려졌다. 이러한 물리적 특성의 연구와 steerable 카테타의 개발로 RF 에너지를 이용한 카테타 절제술은 현재 최고의 전성기를 맞이하게 되었다.

1. Fast pathway와 slow pathway 선택적 변조의 비교

방실결절 회귀성 빈맥의 RF 에너지를 이용한 카테타 절제술에 있어 fast pathway의 선택적 변조는 그 방법에 있어 파괴 지점의 선정이 비교적 용이하며, 성공적 변조의 확인이 쉽다는 장점이 있어 먼저 시작되었고^{11,21)}, Lee등은 82%의 성공율과 8%의 완전방실블록을 보고하였다. 반면에 Jackman등은¹³⁾ 관상동맥 근처의 삼첨판막윤에서 slow pathway의 선택적 변조를 시행하였다. 이 보고에서 Jackman등은 97%의 성공율을 보고하였고 완전좌각차단을 보였던 1명에서 예기치 못한 완전방실블록을 유발했던 경우 이외에는 완전방실블록을 1명도 만들지 않는 놀라운 결과를 보고하였다. 이 이후로 현재 방실결절 회귀성 빈맥에서 카테타 절제술은 slow pathway의 선택적 변조가 보편화되고 있는 추세이다. 국내에서도 fast pathway의 RF 에너지를 이용한 선택적 카테타 절제술에 대한 비슷한 결과가 보고 되었고^{24,25)}, slow pathway의 선택적 카테타 절제술의 결과에 대한 보고도 있었다^{26,27)}. 본 연구에서 fast pathway와 slow pathway의 선택적 카테타 절제술은 동시에 무작위로 선택되어 시술되지는 않았다. 처음 9예는 모두 fast pathway의 선택적 변조를 시도하였던 경우이고, 다음 12예는 모두 slow pathway의 선택적 변조를 실시하였었다. 따라서 2가지 방법을 동등한 위치에서 비교할수는 없지만 시술의 성공율과 합병증(방실블록)의 측면에서 보면 slow pathway의 선택적 변조가 훨씬 좋은 결과를 얻을수 있었다. 반면에 시술의 용이성면에서는 두 방법사이에 차이가 없었다(Table 1).

Slow pathway의 선택적 변조시 slow pathway 전위를 찾을 필요가 있는가에 대하여서는 아직 서로 다른 견해가 대립되어 있다. Jackman등과¹³⁾ Haissaguer등은¹⁵⁾ slow pathway의 전위를 찾아서 선택적 변조를 시도하는 것이 적은 횟수의 RF 에너지를 줄수 있으므로 매우 효과적이라 보고하였다. 그러나

Akhtar등은¹⁴⁾ Jackman등이 주장하는 slow pathway의 전위를 찾기가 어려우며, 설사 비슷한 전위를 찾았다 하더라도 이 부위에서의 에너지 투여가 반드시 성공적인 slow pathway 파괴를 보장하지 못한다고 하였고, 따라서 해부학적 접근 방법으로 관상정맥동 부위에서 시작하여 점진적으로 파괴를 하면서 His bundle 전위가 그러지는 부위까지 카테타를 이동시키는 것이 더욱 효과적이라고 주장하였다. 여기에 Moulton등은¹⁷⁾ 해부학적 접근 방법이나 slow pathway 전위를 찾는 방법이 필요없는 시간만 많이 소모하므로 관상정맥동을 중심으로 아래에서부터 관상정맥동 윗부분(upper margin)까지 카테타를 천천히 이동시키면서 RF 에너지를 주는 rapid transaction을 주장하였다. 본 연구에서는 처음 20~30분간 slow pathway의 전위를 찾다가 발견하지 못하면 해부학적 접근 방법을 사용하였다. 아마도 fluoroscopic time이 평균 46분으로 다소 많았던 것은 이러한 이유에서라고 생각된다. 본 연구에서 slow pathway의 전위를 찾았던 경우는 12명 중 2명에서 뿐이었다.

Slow pathway의 선택적 변조시 방실접합부 울동은 성공적인 시술을 예견하는 가장 예민한 지표로 알려져있고, 방실접합부 울동이 발현하지 않으면 시술이 성공할 가능성은 5% 미만으로 보고된 바 있다²⁸⁾. 본 연구에서도 12명중에서 방실접합부 울동의 발현 없이 slow pathway의 선택적 변조가 성공적으로 된 예는 없었고, 특히 RF 에너지를 주기 시작하여 수초이내에 방실접합부 울동이 나타난 부위에서는 한번의 시술로 성공적인 변조가 가능하였다.

Fast pathway의 선택적 변조후 전향전도로의 이중 전도로는 85% 정도에서 소실되고, AH 간격은 거의 2배정도로 증가하며, 역향전도로에서는 40% 정도에서 역향전도로의 완전 블록이 나타나고, 60%에서는 역향전도가 지속되나 역향전도가 블록되는 시기가 1.5배정도 증가되는 것으로 보고되고 있다¹¹⁾. 본 연구에서도 전향전도로의 이중 전도로가 67% (4/6)에서 완전 소실되었고, AH 간격이 2배 정도 증가하였다(Table 2). 반면 역향전도로는 83% (5/6)에서 완전 소실되었는데, 이중 1명은 fast pathway의 전향전도는 존재하면서 역향전도만 차단이 되었다(Fig. 6, 7).

Slow pathway의 선택적 변조시 전향전도로의 slow pathway가 완전 파괴되지 않으면서 방실결절 회귀성 빈맥을 유발하지 못하는 경우는 보고자마다 차이가 있어 적게는 10% 정도에서 많게는 60% 정도까지 보고하고 있다. 또한 역향전도로에서 이중 전도로가 있는 경우 slow pathway의 전향전도가 완전 소실되면 같이 역향전도도 소실되며, fast pathway는 전향전도나 역향전도에 영향을 받지 않는 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 slow pathway의 전향전도가 92% (11/12)에서 완전 소실되었고 이 경우 역향전도시 이중 전도로가 있었던 4명 중 3명에서 slow pathway의 역향전도가 소실되었다. 또한 fast pathway는 전향전도에선 전혀 영향이 없었으나(Table 2), 1명에서는 fast pathway의 역향전도가 손상되어 블록이 260msec에서 360msec로 증가되었다. 1명에서는 slow pathway의 전향전도가 존재하였으나 isoproterenol 정주하에 3개의 심방기외자극까지도 방실결절 회귀성 에코박동이 나타나지 않았다(Fig. 8).

2. Temperature-Guided 카테타 절제술

RF 에너지를 이용한 카테타 절제술시 조직파괴의 가장 중요한 점은 적절한 조직부위의 온도 상승이다. Langberg등의²⁹⁾ 연구에 의하면 우회로의 영구적 파괴는 카테타 끝 부위에서의 온도가 평균 62°C에서 이루어 졌으며, 95°C가 넘으면 coagulum이 형성 되고 저항의 갑작스런 상승이 나타났다. 또한 적절한 온도의 상승은 카테타와 조직의 적절한 접촉 및 적절한 에너지에 의하여 좌우되었다. 따라서 카테타 끝의 온도를 일정하게 유지시키도록 고안된 카테타 절제술은 에너지 투여시 적절한 위치의 선정 유무를 쉽게 확인할 수 있으며 coagulum 형성 및 저항의 상승을 막을수 있다는 장점이 있다. 국내에서도 이를 이용한 카테타 소작술의 보고가 있었다²⁷⁾. 본 연구에선 slow pathway의 선택적 변조에 8명에서 시도하였다. 통상적인 카테타를 이용하는 방법과 비교하기에는 숫자가 적으나 온도조절을 이용한 카테타 절제술은 성공적인 위치 선정에 보다 용이하며 에너지 투여중 coagulum형성에 의한 불편이 없다는 것이 장점으로 생각된다.

3. 추적관찰

방실결절 회귀성 빈맥의 성공적인 선택적 RF

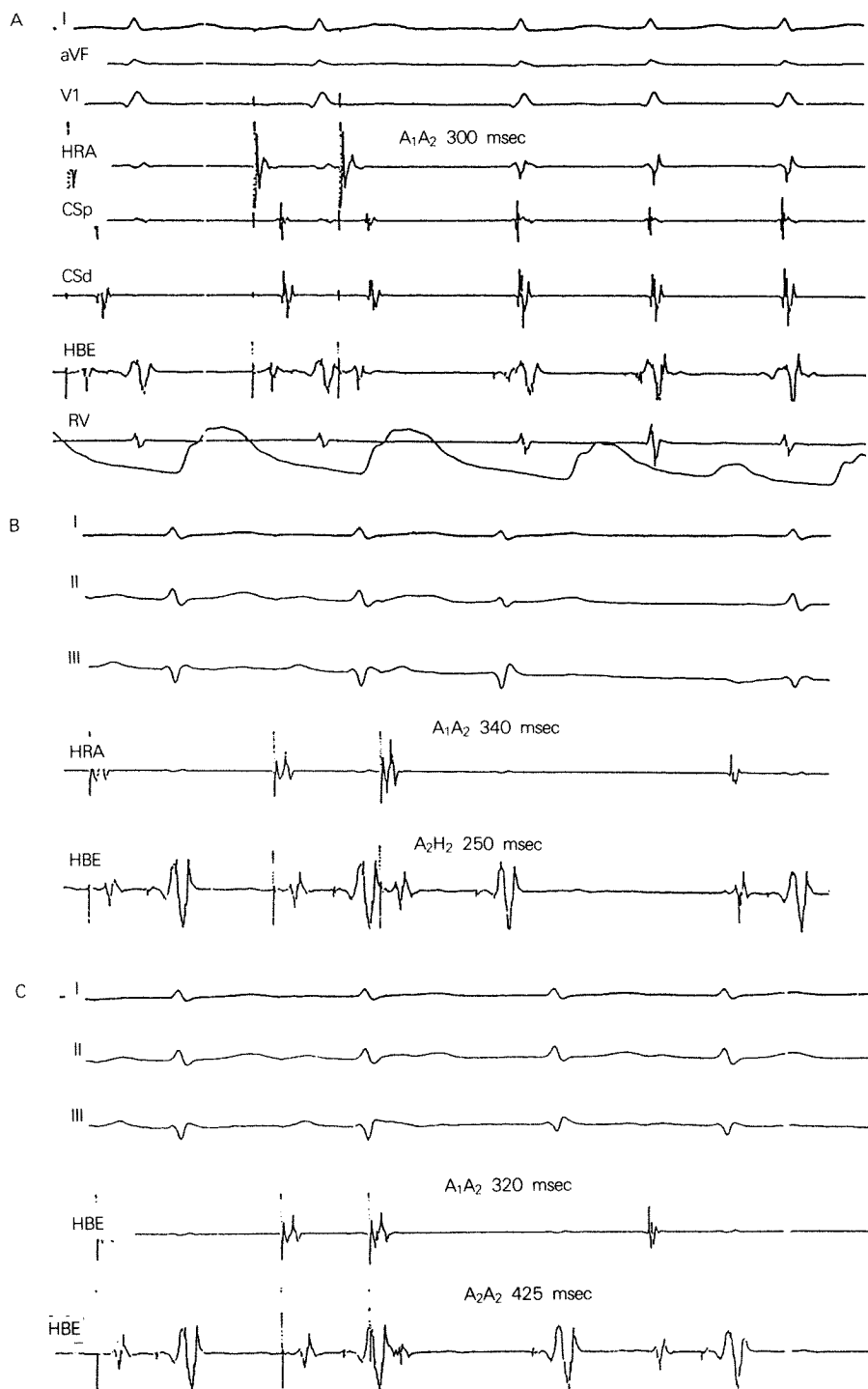


Fig. 6. Preablation(A) : Sustained SVT could be induced by single atrial extrastimulus(A₁A₂ 300 msec) with jump of A₂H₂ interval. Postablation : The A₂H₂ interval at A₁A₂ 340 msec was 250 msec(B) but increased to 425 msec at A₁A₂ 320 msec without an initiation of sustained SVT(C). This finding showed the fast pathway was intact.

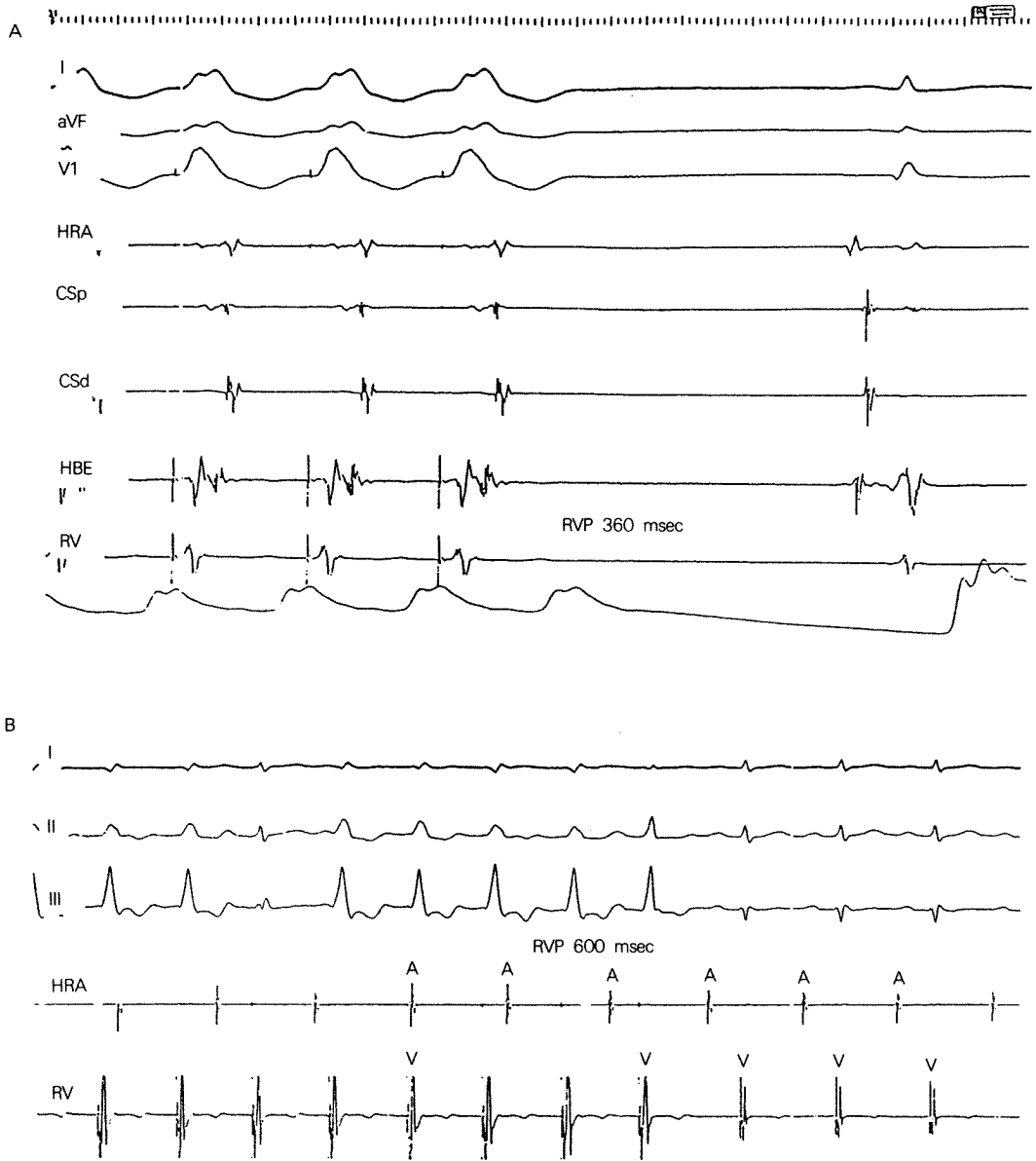


Fig. 7. Preablation(A) : 1 : 1 VA conduction could be maintained at RV pacing 360 msec. Postablation(B) : After fast pathway ablation, retrograde VA conduction disappeared even at RV pacing 600 msec.

카테타 절제술후 추적 관찰시 방실결절 회귀성 빈맥의 재발은 보고자마다 차이가 있으나 대략 3~10%로 보고되고 있다. 이는 fast pathway나 slow pathway에 큰 차이가 없는 것으로 되어 있으며 특히 slow pathway의 선택적 변조시 slow pathway의 전향 전도가 남아 있어도 재발에는 큰 차이가 없다는 것이 아직은 주된 의견이다. 본 연구에서는 성공

적인 시술을 받은 18명중 1명에서 재발하였다. 재발한 환자는 fast pathway의 선택적 변조를 시행받은 환자로 fast pathway의 역향전도가 완전히 소실되지 않았던 환자였다. Slow pathway의 선택적 변조를 받은 12명중 아직은 추적 관찰 기간이 짧은 편이나 현재까지 재발은 없었다.

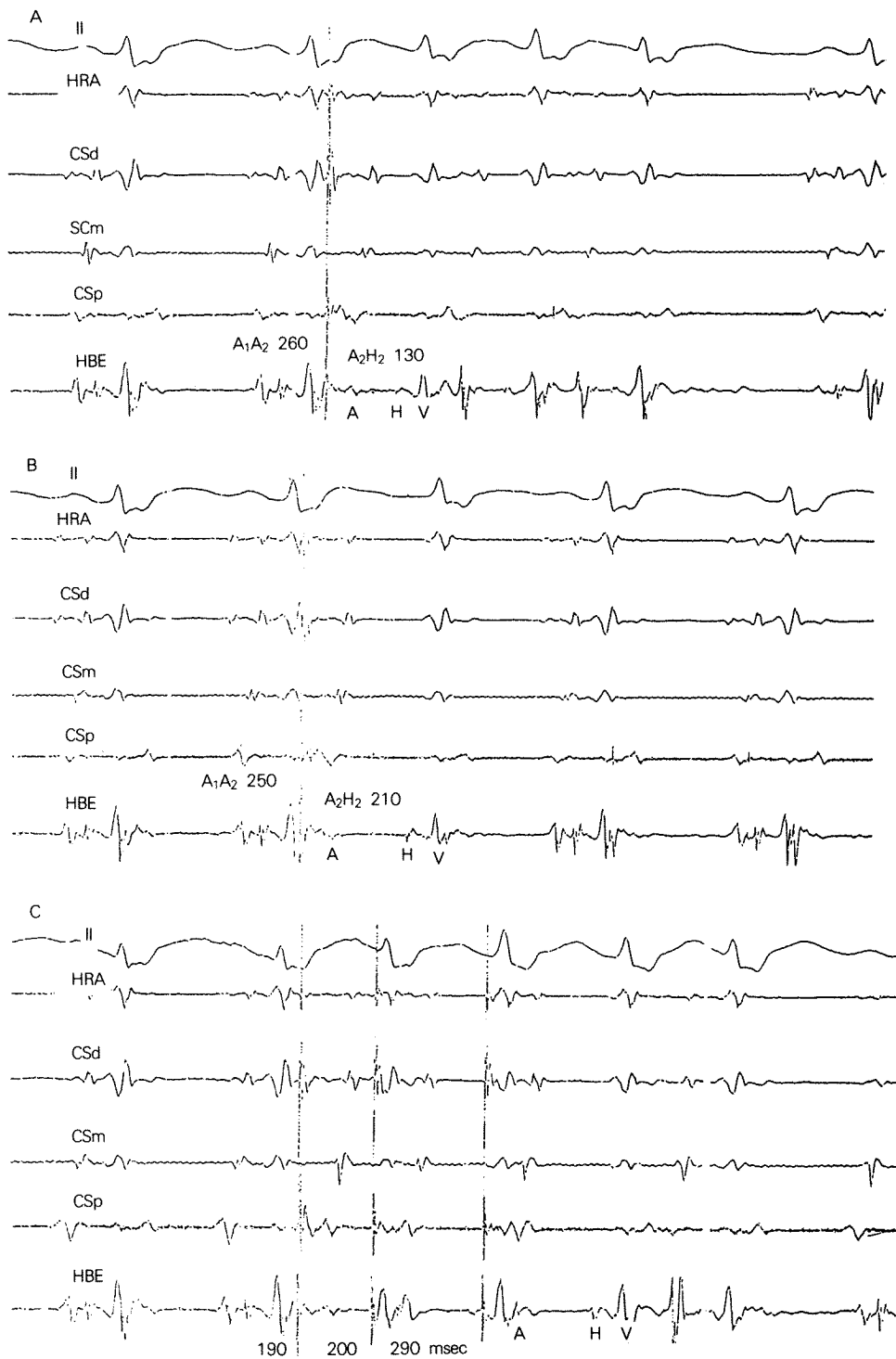


Fig. 8. After slow pathway ablation, there was a sudden jump of A_2H_2 interval from 130 msec (A_1A_2 260 ; A) to 210 msec (A_1A_2 250 ; B) which was a marker of persistence of slow pathway. But there was not even single echo at triple atrial extrastimuli during isoproterenol infusion (C).

요 약

연구배경 :

Radiofrequency(RF) 에너지를 이용한 카테타 절제술은 1990년대에 들어오면서 발작성 상심실성 빈맥의 비약물적 치료로 많은 각광을 받고 있다. 부회로를 이용하는 방실회귀성 빈맥에 비하여 방실결절 회귀성 빈맥은 방실블록의 위험성때문에 카테타 절제술이 늦게 발달되었다. 그러나 RF 에너지의 이용으로 방실결절 회귀성 빈맥에서도 카테타 절제술이 점차 널리 이용되기 시작하고 있으며, 특히 slow pathway의 선택적 변조는 성공율이 높고 방실블록의 위험성이 적어서 앞으로 방실결절 회귀성 빈맥의 표준 치료로 자리를 잡을 전망이다. 저자들은 방실결절 회귀성 빈맥의 비약물적 치료로 RF 에너지를 이용한 선택적 카테타 절제술의 성공율, 합병증 및 용이성을 분석하였다.

방 법 :

본원 내과 및 소아과에 입원하여 전기 생리학적 검사후 방실결절 회귀성 빈맥으로 진단 받은 환자들 중 RF 에너지를 이용한 카테타 절제술을 받은 21명(남 : 여 = 11 : 10, 평균 연령 39세)을 대상으로 하였다. 21명중 9명은 fast pathway의 선택적 변조를 받았고, 12명은 slow pathway의 선택적 변조를 받았다. RF 에너지원으로 Osypka HAT 200 model을 사용하였고 카테타는 6F나 7F로 원위부 전극이 4 mm인 steerable 카테타를 사용하였다.

결 과 :

성공적인 방실결절 변조는 18명에서 가능하였고(86%), fast pathway의 선택적 변조는 67% (6/9명), slow pathway의 선택적 변조는 100% (12/12명)에서 가능하였다. 시술의 합병증으로 완전 방실블록은 fast pathway의 선택적 변조를 받은 9명중 1명에서 발생하였고(11%), slow pathway의 선택적 변조를 받은 12명중에는 1명도 없었다.

추적 관찰시 fast pathway의 성공적 변조를 받은 6명중 1명에서(16%) 빈맥의 재발이 나타났다(평균 추적 기간 17개월). Slow pathway의 성공적 변조를 받은 12명중 아직은 재발이 없었다(평균 추적기간 6개월). 두 선택적 변조의 방법간에 시술시간, fluoroscopic time 및 RF 에너지의 방출 횟수등 시술의

용이성면에서는 차이가 없었다.

결 론 :

방실결절 회귀성 빈맥의 비약물적 치료로 RF 에너지를 이용한 선택적 카테타 절제술은 효과적이며 안전한 시술로 생각된다. 특히 slow pathway의 선택적 변조는 매우 성공율이 높으며 방실블록의 위험성이 극히 적은 시술로 앞으로 방실결절 회귀성 빈맥의 비약물적 치료에 있어 표준 치료방법으로 널리 이용되리라 기대된다.

References

- 1) Josephson ME, Kastor JA : *Supraventricular tachycardia : Mechanism and management*. Ann Intern Med 87 : 346-358, 1977
- 2) Wu D, Denes P, Amat-Y-Leon F, Dhingra R, Wyndham CRC, Bauerfeind R, Latif P, Rosen KM : *Clinical, electrocardiographic and electrophysiologic observations in patients with paroxysmal supraventricular tachycardia*. Am J Cardiol 41 : 1045-1051, 1978
- 3) Denes P, Wu D, Dhingra RC, Chuquimia R, Rosin KM : *Demonstration of dual A-V nodal pathways in patients with paroxysmal supraventricular tachycardia*. Circulation 48 : 549-555, 1973
- 4) Holman WL, Ikeshita M, Lease JG, Smith PK, Ferguson TB, Cox JL, Sabiston DC : *Elective prolongation of atrioventricular conduction by multiple discrete cryolesions : A new technique for the treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia*. J Thorac Cardiovasc Surg 84 : 554-559, 1982
- 5) Wood DL, Hammil SC, Porter CJ, Danielson GK, Gersh BJ, Holmes DR, Osborn MJ : *Cryosurgical modification of atrioventricular conduction for treatment of atrioventricular node reentrant tachycardia*. Mayo Clin Proc 63 : 988-992, 1988
- 6) Ross DL, Johnson DC, Koo CC, Mortensen P, Cooper MJ, Denniss AR, Richards DA, Uther JB : *Surgical treatment of supraventricular tachycardia without the Wolff-Parkinson-White syndrome : Current indications, techniques and results*. In Cardiac Arrhythmias : Where to Go From Here? Brugada P, Wellens HJJ(eds), pp 591-604, Mt Kisco, NY, Futura Publishing Co, Inc, 1987
- 7) Guiraudon GM, Klein GJ, Sharma AD, Yee R : Use

- of old and new anatomical, electrophysiologic and technical knowledge to develop operative approaches to tachycardia, In *Cardiac Arrhythmias : Where to Go From Here ?* Brugada P, Wellens HJJ(eds), pp 639-654, Mt Kisco, NY, Futura Publishing Co, Inc, 1987
- 8) Haissaguerre M, Warin JF, Lemetauer P, Saoudi N, Guillem JP, Blanchot P : *Closed-chest ablation of retrograde conduction in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. *N Engl J Med* 320 : 426-433, 1989
 - 9) Epstein LM, Scheinman MM, Langberg JJ, Chilson D, Goldberg HR, Griffin JC : *Percutaneous catheter modification of the atrioventricular node : A potential cure for atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. *Circulation* 80 : 757-768, 1989
 - 10) Huang SKS, Graham AR, Lee MA, Ring ME, Gormal GD, Schiffman R : *Comparison of catheter ablation using radiofrequency versus direct current energy : Biophysical, electrophysiological, and pathological observations*. *J Am Coll Cardiol* 18 : 1091-1097, 1991
 - 11) Lee MA, Morady F, Kadish A, Schamp DJ, Chin MC, Scheinman MM, Griffin JC, Lesh MD, Pederson D, Goldberg J, Calkins H, de Buitelir M, Kou WH, Rosenheck S, Sousa J, Langberg JJ : *Catheter modification of the atrioventricular junction with radiofrequency energy for control of atrioventricular nodal reentry tachycardia*. *Circulation* 83 : 827-835, 1991
 - 12) Langberg JJ, Harvey M, Calkins H, El-Atassi R, Kalbfleisch SJ, Morady F : *Titration of power output during radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. *PACE* 16 : 465-470, 1993
 - 13) Jackman WM, Beckman KJ, Mc Clelland JH, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Twidale N, Hazlitt A, Prior MI, Oren J, Overholt ED, Lazarzara R : *Treatment of supraventricular tachycardia due to atrioventricular nodal reentry by radiofrequency catheter ablation of slow-pathway conduction*. *N Engl J Med* 327 : 313-318, 1992
 - 14) Jazayeri MR, Hempe SL, Sra JS, Dhala AA, Blanck Z, Deshpande SS, Avitall B, Krum DP, Gilbert CJ, Akhtar M : *Selective transcatheter ablation of the fast and slow pathway using radiofrequency energy in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. *Circulation* 85 : 1318-1328, 1992
 - 15) Haissaguerre M, Gaita F, Fischer B, Commenges D, Montserrat P, d'Ivernois C, Lemetayer P, Warin J-F : *Elimination of atrioventricular nodal reentrant tachycardia using discrete slow potentials to guide application of radiofrequency energy*. *Circulation* 85 : 2162-2175, 1992
 - 16) Kay GN, Epstein AE, Dailey SM, Plumb VJ : *Selective radiofrequency ablation of the slow pathway for the treatment of atrioventricular nodal reentrant tachycardia : Evidence for involvement of perinodal myocardium within the reentrant circuit*. *Circulation* 85 : 1675-1688, 1992
 - 17) Moulton K, Miller B, Scott J, Woods WT Jr : *Radiofrequency catheter ablation of AV nodal reentry : A technique for rapid transection of the slow AV nodal pathway*. *PACE* 16 : 760-768, 1993
 - 18) Huang SK, 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 : 349-358, 1987
 - 19) Langberg JJ, Chin MC, Rosenqvist M, Cockrell J, Dullet N, Van Hare G, Griffin JC, Scheinman MM : *Catheter ablation of the atrioventricular junction with radiofrequency energy*. *Circulation* 80 : 1527-1535, 1989
 - 20) Sanjuan R, Morell S, Civera RC, Munoz J, Sanchis J, Chorro J, Llavador J, Lopez-Merino V : *Transvenous ablation with high frequency energy for atrioventricular junctional (AV nodal) reentrant tachycardia*. *PACE* 12 : 1631-1639, 1989
 - 21) Goy J, Fromer M, Schlaepfer J, Kappenberger L : *Clinical efficacy of radiofrequency current in the treatment of patients with atrioventricular node reentrant tachycardia*. *J Am Coll Cardiol* 16 : 418-423, 1990
 - 22) Langberg JJ, Lee MA, Chin MC, Rosenqvist M : *Radiofrequency catheter ablation : The effect of electrode size on lesion volume in vivo*. *PACE* 13 : 1242-1248, 1990
 - 23) 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

- 24) 김성순 : 심장 부정맥에 대한 전극도자 절제술. 대한의학협회지 35 : 673-682, 1992
- 25) 최인석 · 정남식 · 심원흠 · 조승연 · 김성순 : 방실결절 회귀성 빈맥환자에서 경피적 전극도자를 통한 *Radiofrequency Energy*를 이용한 이중방실결절로의 선택적 변조(*abstract*). 순환기 22 : 1030, 1992
- 26) 조정관 · 서정평 · 류문희 · 조인종 · 정은아 · 안영근 · 박주형 · 정명호 · 박종춘 · 강정채 : 발작성 심실상성빈맥증에서 전극도자 절제술의 임상경험(*abstract*). 순환기 23 : 924, 1993
- 27) 손경수 · 김동운 · 조성옥 · 현민수 · 최윤식 · 서정돈 · 이영우 : *Temperature-guided radiofrequency catheter ablation*을 이용한 발작성 심실상성빈맥의 치료(*abstract*). 순환기 23 : 924, 1993
- 28) 조정관, Buxton AE, Josephson ME : 방실결절 회귀성 빈맥증에서 방실결절변조시 발생하는 방실접합부 울동이상의 의의(*abstract*). 순환기 22 : 1030, 1992
- 29) Langberg JJ, Calkins H, El-Atassi R, Borganelli M, Leon A, Kalbfleisch SJ, Morady F : *Temperature monitoring during radiofrequency catheter ablation of accessory pathways*. Circulation 86 : 1469-1474, 1992