

고주파 도자절제술을 이용한 발작성 상심실성빈맥의 초기 임상치험 및 심근 손상의 정도

가톨릭대학교 의과대학 내과학교실

박지원 · 윤호중 · 정옥성 · 이만영 · 노태호 · 채장성 · 김재형 · 최규보 · 홍순조

= Abstract =

Radiofrequency Catheter Ablation in Patients with Paroxysmal Supraventricular Tachycardia : The Initial Experience and The Extent of Myocardial Damage

Ji Won Park, M.D., Ho Joong Youn, M.D., Wook Sung Chung, M.D.,
Man Young Lee, M.D., Tae Ho Rho, M.D., Jang Saung Chae, M.D.,
Jae Hyung Kim, M.D., Kyu Bo Choi, M.D., Soon Jo Hong, M.D.

Department of Internal Medicine, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

Background : The catheter ablation using radiofrequency(RF) energy in patients with atrio-ventricular nodal reentrant tachycardia(AVNRT) and atrioventricular reentrant tachycardia (AVRT) has been proved as a safe and effective nonpharmacologic therapeutic modality. The purpose of our study was to evaluate the success rate and complications of the initial experience and to determine the extent of myocardial damage of RF catheter ablation.

Method : Electrophysiologic study was performed with the standard technique. Twenty five patients(M : F=16 : 9, mean age : 42 years old) underwent RF catheter ablation in St. May's Hospital from April to December in 1994. The RF generator in this study was RFG-3D model and catheters were 6F or 7F steerable catheters with 4mm distal tip. In order to evaluate the extent of myocardial damage the WBC count, LDH, CK, and CK-MB fraction were checked before and after RF catheter ablation and the Tc^{99m} myocardial scintigraphy was performed within 72 hours of the procedure.

Result : Six of twenty five patients had AVNRT, in which the success rate of selective ablation of the slow pathway was 83.8%. Nineteen patients with AVRT had one accessory pathway. The ablation success rate of 14 accessory pathways in left free wall location was 85.7%, and that of 3 in left posteroseptal location was 66.6%. Two right sided accessory pathways were not ablated successfully. The level of CK-MB fraction after ablation was within normal limit. Only one case revealed grade 2 of hot spot in Tc^{99m} myocardial scintigraphy.

Conclusion : The RF catheter ablation in patients with AVNRT and AVRT is a safe and effective nonpharmacologic therapeutic modality. But right sided accessory pathways are more difficult to ablate than left sided accessory pathways, requiring more experiences and better technique. The extent of myocardial damage after RF catheter ablation reveals relatively minimal

서론

대상 및 방법

발작성 상심실성 빈맥의 치료에 비약물적 치료법으로 도자절제술이 Weber와 Schmitz¹⁾에 의해 처음으로 소개된 이후, 이는 약물요법과는 달리 발작성 상심실성 빈맥의 근치적 치료가 가능하고, 외과적 수술요법²⁾과 달리 개흉하지 않아 시술에 따른 합병증의 병발이 수술에 비해 현저히 적음으로, 방실결절 및 방실우회로에 연관된 발작성 상심실성 빈맥증의 근치술로 확립시키기 위하여 많은 연구가 활발히 진행되어 왔다.

도자절제술의 도입초기에는 에너지원으로 고에너지 직류(direct current)를 이용하여 방실결절 부위를 파괴하여 방실전도를 유지하면서 방실결절 회귀성 빈맥을 차단시키는 특히 fast pathway를 선택적으로 변조시키려는 시도가 있었고^{3,4)}, 방실우회로에서는 우심방이나 관상정맥동을 통해 접근이 가능한 후중격부 우회로나 좌측 우회로에 대해서만 제한적으로 도자절제술이 시도되었다^{5,6)}. 그런, 이 직류에너지는 투여시 전신마취가 필요하고, 투여하는 에너지의 양을 조절하기 힘든 단점, 전극도자의 파괴, 심실성부정맥의 발생등의 문제점이 있었다^{7,8)}. 이러한 문제점을 해결하기 위해 근래에 직류에너지보다 여러가지 면에서 우수한 고주파에너지(radiofrequency)가 도입되어 fast pathway나 slow pathway의 선택적 변조, 모든 부위의 우회로에 대한 도자절제술이 가능하여져, 현재는 고주파 에너지를 이용한 도자절제술이 발작성 상심실성 빈맥증의 일차적 치료방법으로 인정되고 있다^{9,10)}. 그러나 이 고주파에너지가 도자절제술 동안 심근조직에 어느 정도의 손상을 주는지에 대해 구체적으로 연구한 보고들은 많지 않다.

본 연구의 목적은 가톨릭의대 성모병원 내과에서 전기생리학적 검사후 방실결절 회귀성 빈맥증과 방실 회귀성 빈맥증으로 진단된 환자에서 고주파에너지를 이용한 도자절제술의 초기 결과를 보고하고, 이용된 고주파에너지의 심근 손상의 정도를 알아보고자 하였다.

1. 대상환자

대상환자는 1994년 4월부터 12월까지 가톨릭의대 성모병원 순환기내과에서 시행한 전기생리학적검사에서 방실결절 회귀성 빈맥과 방실 회귀성 빈맥으로 진단되어 고주파 도자절제술을 시행받은 25명으로 남자가 16명 여자가 9명이었으며, 평균연령은 42세(범위 16~71세)이었다. 대상환자들의 빈맥의 발생기간은 평균 5.2년이었다.

2. 전기생리학적 검사

전기생리학적 검사는 통상적인 방법으로 검사전에 모든 항부정맥제는 중단하였고 공복상태에서 시행하였다. 자극 혹은 삼극도자를 우 대퇴정맥을 통해 우심방 상부(high right atrium), 히스속 부위(His bundle), 우심실 첨부(right ventricle apex)에 위치시켰고, 삼극도자를 좌 척추과 정맥(basilic vein)이나 좌 쇄골하정맥을 통해 관상정맥동(coronary sinus)에 위치시켰다. 심전도 유도 I, aVF, V₁과 심장내 전기도는 100mm/sec의 속도로 열감응기록기(HTR-12, E for M)로 기록하여 분석하였다. 심장의 조율 및 자극은 심장계획자극기(Bloom DTU-215)를 이용하여 이완기 역치의 2배로 계획자극을 시행하여 빈맥을 유발하여 방실결절 회귀성 빈맥과 방실 회귀성 빈맥을 진단하였다.

3. 방실결절의 변조

전기생리학적 검사에서 방실결절 회귀성 빈맥으로 확진되면 환자와 보호자에게 방실차단의 위험성들의 합병증등을 충분히 설명하여 동의하는 경우 시술을 시행하였다. 고주파 에너지원으로 Radionics사의 RFG-3C를 사용하였고, 4mm의 전극 크기를 갖은 6F 혹은 7F의 굴신이 가능한 사도자(EPT, Webster)를 사용하였다. 이들 도자를 우 대퇴정맥을 통하여 삼첨판막윤, 하단부에서 히스속 도자의 위치까지 절제 도자를 움직이면서 slow pathway 전위를 찾는 노력을 했고, 이 전위가 발견되지 않는 경우에는 삼첨판막윤

하단부 및 관상정맥동 입구에서 부터 해부학적 접근 방법을 시도하였다. 고주파에너지는 30W 정도에서 시작하였으며, 10~15초간 에너지를 주어도 방실결합부울동(AV junctional rhythm)이 나타나지 않으면 위치 이동을 하였고, 방실결합부 울동이 나타나면 그 시점부터 20~30초간 지속해서 에너지를 더 주었다. 30분간 관찰한 후 isoproterenol 정주를 시행하여(1~4 μ g/min), slow pathway가 완전히 소실되거나, 남아 있는 경우에는 심방기와 자극에서 방실결절 회귀성 에코박동이 한개 이상 나타나지 않으면 성공적인 방실결절 변조로 간주하였다.

4. 방실우회로 절제

전기생리학적 검사에서 방실 회귀성 빈맥으로 확진되면 환자와 보호자에게 합병증을 충분히 설명하여 동의하는 경우 시술을 시행하였다. 고주파 에너지원과 절제도자는 방실결절의 변조에서와 같은 기구를 사용하였다. 좌측 우회로 절제시는 절제도자의 삽입전에 100단위/kg 체중의 헤파린을 정주하였고 이후 1시간 경과마다 20단위/kg 체중의 헤파린을 추가하여 정주하였다. 우회로의 정확한 위치 측정은 절제도자를 승모판막윤이나 삼첨판막윤에 위치시켜 현성 우회로의 경우에는 동성울동시 국소 심실파의 활성이 가장 빠른 부분으로, 불현성 우회로의 경우에는 방실 회귀성 빈맥이나 심실조율시 국소 역행성 심방파가 가장 빠른 부분으로 우회로의 위치를 정하였다. 절제도자는 판막하 접근법으로 방실판막윤의 심실쪽에 위치하였고, 고주파에너지는 30W 정도를 10~15초간 주면서 현성우회로인 경우에는 동성울동시 델타파가 없어지거나, 불현성우회로인 경우에는 국소 역행성 심방파가 소실되면 이 시점부터 30~40초간 지속해서 에너지를 더 주었다. 30분간 관찰후 isoproterenol(1~4 μ g/min) 정주를 시행하여 우회로를 통한 전도가 소실되면 성공적인 우회로 절제로 간주하였다.

5. 도자절제술후 심근손상의 평가

모든 환자에서 도자절제술 전후에 백혈구수, LDH

(lactate dehydrogenase)와 CK(creatinine phosphokinase)와 CK-MB분획 검사를 시행하였는데, 도자절제술후에는 8시간 간격으로 3회 이상 측정하여 이중 최고치를 분석에 이용하였다. 21명의 환자에서 도자절제술후 72시간 이내에 Tc^{99m} 심근주사검사를 시행하였다.

6. 통계처리

결과는 평균±표준편차로 기술하였고, 통계학적 분석은 Student t-test로 유의성을 검증하여 P값이 0.05 미만을 유의 수준으로 하였다.

결 과

1. 방실결절 회귀성 빈맥의 변조

25명의 환자중 6명이 방실결절 회귀성 빈맥의 소견을 보였으며 남자 2명, 여자 4명이었으며 평균 연령은 45세(범위 20~63세)였다. 시술은 6명중 5명에서 성공하여 83.8%의 성공율을 보였다. slow pathway 전위는 1명에서 발견되어 이 부위에 고주파에너지가 주어졌고 나머지 5명에서는 해부학적 접근 방법을 이용하여 방실결절 변조를 시행하였다. 성공한 5명에서는 순행성 slow pathway가 완전히 소실되어 심방기의자극시 A₂H₂의 갑작스런 증가를 보이지 않았다. 시술후 어떠한 방실전도차단도 발생하지 않았으며, 이외의 다른 합병증도 발생하지 않았다.

2. 방실 회귀성 빈맥의 절제

25명의 환자중 19명이 방실 회귀성 빈맥의 소견을 보였으며, 남자 14명, 여자 5명이었으며 평균 연령은 39세(범위 16~71세)였다. 모든 예에서 1개의 방실 우회로를 가지고 가지고 있어 19개의 우회로에서 절제술이 시행되었는데 이중 7개는 현성 우회로, 12개는 불현성 우회로였다. 방실 우회로의 위치에 따른 성공율을 보면 좌측 자유벽 우회로 14개중 12개에서 절제가 성공하여 85.7%의 성공율을 보였으며, 좌측

Table 1. Changes of WBC and cardiac enzymes before and after ablation

	WBC	LDH(IU/L)	CK(IU/L)	CK-MB(IU/L)
Before Ablation(N=25)	7795±1173	279± 47	77± 33	0
After ablation(N=25)	9336± 2413*	426± 126*	284± 155*	9.9± 6.5*
Success group(N=19)	9607± 2445	412± 116	319± 282	10.8± 8.6
Failure group(N=6)	8862± 2441	452± 146	224± 155	8.6± 7.7

*p<0.05

후중격 우회로 3개중 2개에서 절제가 성공하여 66.6%의 성공율을 보였다. 우측 후중격 우회로 1예와 우측 전중격 우회로 1예에서는 절제가 성공되지 않았다. 시술후 문제되는 합병증은 발생하지 않았다.

3. 심근 손상의 정도

도자절제술 전후에 측정한 WBC, LDH, CK는 표1에서와 같이 시술후 측정치가 통계적으로 유의하게 증가하였으나, 정상 범위내였고, CK-MB 분획도 시술후 10.8IU/L로 정상 범위내였다. 6예의 도자절제술에 실패한 군의 평균 고주파에너지 방출 횟수는 31.8회였고, 19예의 도자절제술에 성공한 군의 평균 고주파에너지 방출횟수는 10.6회였으나 시술시행후의 두 군간의 WBC, LDH, CK, CK-MB분획의 측정치는 실패군과 성공군사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. TC^{99m} 심근주사검사를 시행한 21명의 환자중 17명이 uptake가 관찰되지 않은 Grade 0, 3명이 미만성의 uptake가 관찰된 Grade 1, 1명이 focal hot spot를 보인 Grade 2의 소견을 보였다.

고 안

방실결절 회귀성 빈맥증과 방실 회귀성 빈맥증등의 상심실성 빈맥증에 대한 전극도자절제술은 1990년대 초부터 고에너지 직류에너지를 대체하는 고주파에너지가 소개되고, 이를 효과적으로 전달할 수 있는 굴신이 가능한 절제도자가 개발되고, 절제술의 경험이 축적되면서 성공율이 높아지고 비교적 안전하게 시행할 수 있어 최근에는 상심실성 빈맥증의 일차적 치료방법으로 인정되고 있다.

방실결절 회귀성빈맥증의 치료에 있어서 고주파에너지를 이용한 도자절제술은 1989년 Sanjuan등¹¹⁾에 의해 처음으로 보고된 이후, 초기에는 시술의 용이성들의 이유로 fast pathway에 대한 변조가 시도되었으나, 낮은 성공율과 완전방실차단과 같은 합병증이 빈발하는 것으로 보고되었다.^{9,12)} 1992년 Jackman등¹³⁾은 관상정맥동부위의 삼첨판막윤에서 slow pathway 전위를 찾아서 선택적으로 도자절제술을 시행한 결과 97%의 높은 성공율과 1예의 완전방실차단의 합병증을 보고하였다. 이러한 보고 이후 최근에는 방실결절 회귀성빈맥증의 도자절제술에서는 slow pathway를 선택적으로 변조하는 것이 일반적으로 받아들여지는 추세이다.

본 연구에서는 도자절제술 동안 먼저 관상정맥동부위의 삼첨판막윤 부위에서 slow pathway전위를 찾으려는 노력을 하였으나 6예중 1예에서만 이 전위가 발견되었으며, 나머지 5예에서는 관상정맥동부위에서 시작하여 히스속 부위까지 점진적으로 이동하면서 고주파에너지를 방출하는 해부학적 접근방법을 사용하였는데 결과는 83.8%의 변조 성공율을 보였다. 아직 경험예가 많지 않아 낮은 성공율을 보이고 있는 것으로 생각된다. 이 방실결절 회귀성 빈맥증의 slow pathway의 선택적 변조에 있어서 Jackman등¹³⁾이 주장하는 slow pathway 전위를 지표로 절제술을 시행하는 방법, Akhtar등¹⁴⁾이 주장하는 해부학적 접근으로 절제술을 시행하는 방법, 최근 Moulton등¹⁵⁾이 주장하는 관상정맥동을 중심으로 절제술을 시행하는 방법등을 연구, 비교하는 것이 과제로 생각된다.

방실 회귀성 빈맥증의 치료에 있어서 고주파에너지를 이용한 우회로의 도자절제술은 1990년 Jackman등⁷⁾에 의해 처음으로 보고된 이후, 경험의 축적, 장비 및 기구의 개발등으로 현재 90% 이상의 높은 성공율을 보이고 있다¹⁶⁾. 그러나 우측 우회로 특히 우측 자유벽 우회로의 절제술은 성공율이 매우 낮은 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. Langberg등^{18,19)}은 우측 우회로의 절제술이 어려운 이유는 우심방과 우심실의 벽이 서로 겹쳐 있어 절제도자가 삼첨판막윤에 접촉하기 어렵고, 우회로의 범위가 비교적 넓으며, 삼첨판막윤의 각도로 인해 절제도자가 안정적으로 접촉하기 어려운 점등을 지적하고 있다.

본 연구에서는 좌측 우회로의 절제술의 경우에는 초기에 좌측 자유벽 우회로 2예, 좌측 후중격 우회로 1예에서 실패한 이후에는 비교적 높은 성공율을 보이고 있으나 우측 우회로의 절제술은 2예 모두에서 실패하여 향후 좀 더 많은 경험이 필요할 것으로 생각되었다.

1990년대 초에 들어오면서 상심실성 빈맥의 도자절제술의 에너지원으로는 고에너지 직류 대신에 고주파에너지가 사용되었는데, 이는 고주파 생성기에서 만들어지는 300KHz에서 1.0MHz 사이의 주파수를 가지는 연속적 무변조 사인파로서 고에너지 직류 에너지와는 달리 신경근육 섬유를 자극하지 않음으로 심한 통증이 없어 전신마취가 필요 없으며, 에너지 방출시 전극과 심내막 접촉면에서 기포형성이나 barotrauma등이 없다는 장점이 있으며, 에너지 방출에

대한 반응을 관찰하면서 에너지의 방출시간과 세기를 조절할 수 있으며, 균질한 병변의 형성과 심실빈맥이나 세동과 같은 부정맥을 유발하지 않는 장점을 가지고 있다^{20,21)}. 그러나 이 고주파에너지는 도자절제술시 전기에너지를 열로 전환시켜 심근조직을 응혈괴사시키거나 심근조직을 절단하는 효과로 심근손상을 주는데, 이 심근손상에 대한 평가는 심근효소의 측정등이 고작이었다^{22,23)}. 본 연구에서는 백혈구수, LDH, CK 측정치가 도자절제술후 통계적으로 유의하게 증가하나 모두 정상범위 내에서 증가를 보였으며, 특히 가장 예민한 지표인 CK-MB 분획은 도자절제술 전후에 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 실패군의 에너지 방출 횟수가 성공군에 비해 통계적으로 유의하게 많았음에도 불구하고 백혈구수, LDH, CK, CM-MB 분획의 측정치들은 유의한 차이를 보이지 않아 고주파에너지를 이용한 도자절제술의 심근 손상 정도가 극히 적을 것으로 생각된다. 또 본 연구에서 시도된 Tc^{99m} 심근주사검사에서도 1예에서만 Grade 2의 hot spot과 uptake가 관찰되었는데 이 환자는 좌측 자유벽 우회로를 절제하기 위하여 좌심실 접근법으로 실패한 후 경중격 접근방법(trans-septal approach)까지 동원되어 모두 33회의 에너지 방출을 시도한 예이었다. 나머지 20예에서도 uptake가 전혀 없거나 Grade 1 정도의 미만성 uptake만 관찰되어 고주파에너지를 이용한 도자절제술의 심근손상이 경미할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

1990년대에 들어 오면서 고주파에너지를 이용한 도자절제술이 상심실성 빈맥의 일차적 치료방법으로 인정되고 있다. 방실결절의 Slow pathway의 선택적 변조와 방실 우회로의 도자절제술의 초기 경험의 성공율과 안정성 및 도자절제술후 고주파에너지에 의한 심근손상의 정도를 규명하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법 :

대상환자는 1994년 4월부터 12월까지 방실결절 회귀성 빈맥증과 방실 회귀성 빈맥증으로 고주파에너지를 이용한 도자절제술을 시행받은 25명(남자 16명, 여자 9명 : 나이 16~71세)이었다.

전기생리학적 검사는 표준방법으로 실시하였고 고주파에너지는 Radionics사의 RFG-3C를 사용하였고 절제도자는 원위부 전극이 4mm 크기인 굴신이 가능한 도자를 사용하였다. 도자절제술 전후에 백혈구수, LDH, CK, CK-MB분획을 측정하였고, 72시간 이내에 Tc^{99m} 심근주사 검사를 시행하였다.

결 과 :

25명의 환자중 6명이 방실결절 회귀성 빈맥이었는데 이중 5명에서 slow pathway의 선택적 변조가 성공하여 83.8%의 성공율을 보였다. 19명이 방실 회귀성 빈맥이었는데 모든 예에서 1개의 방실 우회로를 가지고 있었으며 이중 7개는 현성 우회로, 12개는 불현성 우회로였다. 좌측 자유벽 우회로 14개중 12개에서 절제가 성공하여 85.7%의 성공율, 좌측 후중격 우회로 3개중 2개에서 절제가 성공하여 66.6%의 성공율을 보였으나, 우측 우회로 2개는 절제가 성공되지 않았다. 도자 절제술후 CK-MB 분획은 정상범위로 측정되었으며, Tc^{99m} 심근주사검사시 1명에서 focal hot spot을 보인 Grade 2의 소견을 보였다.

결 론 :

방실결절 회귀성 빈맥 및 방실 회귀성 빈맥의 비약물적 치료로 고주파 에너지를 이용한 전극도자 절제술은 효과적이고 안전한 시술로 생각되나, 우측 우회로의 성공적인 절제를 위해 보다 많은 경험이 필요할 것으로 생각되며, 시술중 고주파 에너지에 의한 심근손상의 정도는 경미할 것으로 생각된다.

References

- 1) Weber H, Schmitz L : Catheter technique for closed ablation of an accessory pathway. *N Engl J Med* 3083 : 654, 1983
- 2) Holman WL, Ikeshita M, Lease JG, Smith PK, Ferguson TB, Cox JL, Sabtion DC : Elective prolongation of atrioventricular conduction by multiple discrete cryo-lesions : A new technique for the treatment of paroxysmal supraventricular tachycardia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 84 : 554, 1982
- 3) 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, 1989
- 4) Epstein LM, Scheinman MM, Langberg JJ, Chilson D, Goldberg HR, Griffin IC : Percutaneous catheter

- modification of the atrioventricular node : A potential cure for atrioventricular nodal reentrant tachycardia. Circulation 80 : 757, 1989*
- 5) Morady F, Scheiman MM : *Transvenous catheter ablation of a posteroseptal accessory pathway in a patient with the Wolff-Parkinson-White syndrome. N Engl J Med 310 : 7705, 1984*
 - 6) Fischer JD, Brodman R, Kim SG, Matos JA, Brodman LE, Wallerson D, Waspe LE : *Attempted nonsurgical electrical ablation of accessory pathways via the coronary sinus in the Wolff-Parkinson-White syndrome. J Am Coll Cardiol 4 : 685, 1984*
 - 7) Jackman W, Wang X, Moulton K, Margolis PD, Roman C, Calame J, Dyer J, Friday K : *Role of the coronary sinus in radiofrequency ablation of left free-wall accessory AV pathways. Circulation 82(suppl III) : III-689, 1990*
 - 8) Kuck KH, Schuster M, Geiger M, Siebels J, Kuck W : *Radiofrequency current approach to successful catheter ablation of accessory pathways. Circulation 82 (suppl III) : III-689, 1990*
 - 9) 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, 1991*
 - 10) Warin JF, Haissaguerre M, D'Ivernois C, Le Metayer P, Montserrat P : *Catheter ablation of accessory pathways : Technique and results in 248 patients. PACE 13 : I-1609, 1990*
 - 11) 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, 1989*
 - 12) Goy J, Fromer M, Schlaepfer J, Kappenverger L : *Clinical efficacy of radiofrequency current in the treatment of patients with atrioventricular node reentrant tachycardia. J Am Coll Cardiol 16 : 418, 1990*
 - 13) Jackman WM, Beckman KJ, McClelland JH, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Twidale N, Hazlitt A, Prior MI, Oren J, Overholt ED, Lazzara R : *Treatment of supraventricular tachycardia due to atrioventricular nodal reentry by radiofrequency catheter ablation of low-pathway conduction. N Engl J Med 327 : 313, 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, 1992*
 - 15) 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, 1993*
 - 16) Saul JP, Hulse JE, De W, Weber AT, Rhodes LA, Lock JE, Walsh EP : *Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways in young patients : Use of long vascular sheaths, the transseptal approach and a retrograde left posterior parallel approach. J Am Coll Cardiol 21 : 571, 1993*
 - 17) Jackman WM, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Becman KJ, McClelland JH, Twidale N, Hazlitt HA, Prior MI, Margolis PD, Calame JD, Overholt ED, Lazzara R : *Catheter ablation of accessory atrioventricular pathway(Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current. N Engl J Med 324 : 1605, 1991*
 - 18) Langberg JJ, Calkins H, Kim Y, Sousa J, El-Atassi R, Leon A, Borganeli M, Kalbfleisch SJ, Morady F : *Recurrence of conduction in accessory atrioventricular connections after initially successful radiofrequency catheter ablation. J Am Coll Cardiol 19 : 1588, 1992*
 - 19) Langberg JJ, Man KC, Vorperian VR, Williamson B, Kalbfleisch SJ, Strickberger SA, Hummel JD, Morady F : *Recognition and catheter ablation of subepicardial accessory pathways. J Am Coll Cardiol 22 : 1100, 1993*
 - 20) Huang SK : *Advances in application of radiofrequency current to catheter ablation therapy. PACE 14 : 28, 1991*
 - 21) Fisher JD : *Direct current and radiofrequency catheter ablation : So far and yet so near. J Am Coll Cardiol 21 : 565, 1993*
 - 22) Chen SA, Tsang WP, Hsia CP, Wang DC, Chiang CE, Yeh HI, Chen JW, Chiou CW, Ting CT, Kong CW : *Comparison of direct-current and radiofrequency ablation of free wall accessory atrioventricular pathways in the Wolff-Parkinson-White syndrome or paroxysmal supraventricular tachycardias during a single electrophysiologic test. N Engl J Med 324 : 1612, 1991*