

심방 세동의 전극도자 절제술

Catheter Ablation of Atrial Fibrillation

김 영 훈

고려의대 순환기내과

Young-Hoon Kim, MD

Division of Cardiology, Korea University College of Medicine

E-mail : yhkmd@unitel.co.kr

J Korean Med Assoc 2006; 49(9): 837 - 45

Abstract

Antiarrhythmic drugs that are currently in use are not only frequently ineffective at eliminating atrial fibrillation (AF), but also life-threatening in some patients. However, the accumulating clinical experience along with the remarkable advancement in the technology has made the catheter ablation (CA) of AF more effective and safe. The application of circular mapping catheters that can identify pulmonary vein (PV) potentials (PVPs) within the PVs has allowed the effective guidance of the electrical isolation of the PVs from the left atrium (LA). The widespread utilization of 3-dimensional (D) mapping systems has facilitated the improvement of the outcomes after CA in patients with paroxysmal (PAF) and even chronic AF (CAF). Different strategies that are currently in use are as follows: segmental ablation of each PV ostium guided by PVPs, pure anatomic approach of circumferential PV ablation (CPVA), CPVA with electrical isolation, complex fractionated atrial electrograms during AF guided ablation, and ablation of ganglionated plexuses, etc. The efficacy of each approach varies according to the investigators and subsets of AF. CPVA with electrical isolation is known to be more effective and is widely used. With further development of new energy sources of ablation and mapping systems, it is important to simplify, standardize, and shorten the procedures, which may enable the CA to become more effective, safe, and applicable to many different subsets of AF. CA of AF has evolved rapidly and has become accepted as one of the therapeutic modalities to cure AF.

Keywords : Atrial fibrillation/atrial arrhythmias;
Catheter ablation of atrial fibrillation;
Cardiac mapping 3-dimensional systems;
Activation mapping of arrhythmias

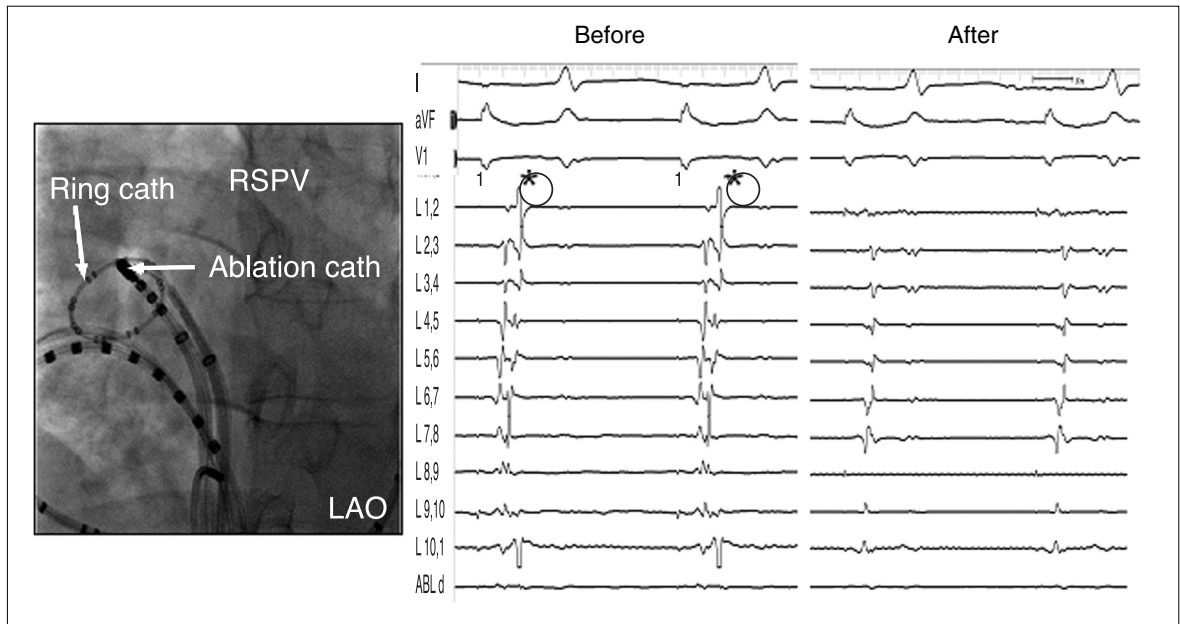
핵심용어 : 심방세동; 전극도자절제술; 폐정맥; 지도화; 부정맥

현재 심방세동(atrial fibrillation, AF)의 치료를 위해 쓰이고 있는 대부분의 항부정맥제는 정상 율동으로 전환하거나 유지하는 데에 효능이 우수하지 않을 뿐만 아니라 드물지 않게 심실성 빈맥등의 위험한 합병증을 초래할 수 있어(1) 약물요법의 대안 또는 보다 나은 치료법으로 최근에 많이 시도되고 있는 방법이 전극도자 절제술이다.

심도자를 이용한 심방 세동 절제법의 변천

1. Linear Ablation

Maze 수술이 AF의 치료에 효과적임이 발표된 이후 Schwartz 등이 만성 AF 환자를 대상으로 전극도자에 의한 linear ablation법(카테타 maze)으로 약 78% 동조율 전환에 성공하였음을 보고한 바 있다. 심방에 고주파 에너지를 이용해 여러개의



PVP: pulmonary vein potential, RSPV: right superior pulmonary vein, LAO: left anterior oblique

Figure 1. Pulmonary vein isolation confirmed by elimination of PVPs (*)

차단선을 만들어 심방 내 다발성 회귀가 존재할 수 없도록 만드는 것이다. 그러나 다른 연구자들에 의해서 평균 약 40~50%의 환자만이 정상 율동으로 유지되고 긴 시술 시간, 심낭 삼출, 심낭 압전, 폐정맥 협착증, 색전증 등의 합병증의 빈도가 높은 점 등으로 보아 이 방법은 당장 보편화되지는 못했으나 전극도자를 이용한 AF의 절제를 위한 가장 최초의 시도였고 현재 만성 AF 절제술의 근간이 되는 방법을 제시한 것으로 평가되고 있다.

2. Focal AF Ablation and Segmental PV Isolation

기저 심장 질환이 없으면서 심방 기의 수축이나 심방 빈맥이 선행한 후 AF로 빈번히 전환되는 발작성 AF은 국소, 특히 폐정맥의 개구부 또는 폐정맥과 좌심방의 접합 부위 약 1~2cm 이내에서 매우 빠르고 불규칙적인 자

극이 형성되는 국소성 AF로 분류할 수 있다(2). 기전은 크게 2가지로 구분할 수 있는데 폐정맥 내부에서 지속적으로 전기적 유발 자극이 방출되어 AF가 생성되고 유지되는 유형(focally driven AF)과 폐정맥에서 국소적으로 시작된 심방기 외 수축이 AF를 촉발만 하면 AF는 저절로 생성되고 유지되어가는 형태(APC triggered AF)가 그것이다(3, 4). 이러한 기전이 알려지면서 AF 근치를 위해 2가지 치료법, 즉 폐정맥 내부에서 유래된 APC를 국소적으로 제거(focal ablation)하거나 폐정맥과 좌심방을 전기적으로 완전 분리(PV isolation)시키는 방법이 시도되게 되었다.

폐정맥 내 원인 병소만을 국소적으로 절제(focal ablation)한 후에는 폐정맥 협착등의 합병 가능성이 높았으며 중장기 추적 결과 재발이 많았다. 이는 동일한 폐정맥 내 다른 병소에 의해서 AF가 또 촉발될 수 있기 때문

이다. 따라서 원인 폐정맥의 좌심방과의 연결 부위를 좌심방과 완전 분리하는 것이 보다 효과적인 치료법으로 인정되기 시작하였다.

좌심방과 폐정맥을 효과적으로 분리시키기 위해 폐정맥 개구부의 전기적 양상과 폐정맥 전위(pulmonary vein potential, PVP)를 기록할 수 있는 고리(ring) 형태의 전극 도자(Lasso, Spiral 등)가 널리 이용되고 있는데 고주파 열 에너지를 투여하여 폐정맥 전위가 좌심방전위로부터 완전 분리되어 소실(elimination of PVP)되거나(Figure 1) 해리(dissociation)될 때 효과적인 분리로 간주하게 된다(5~7).

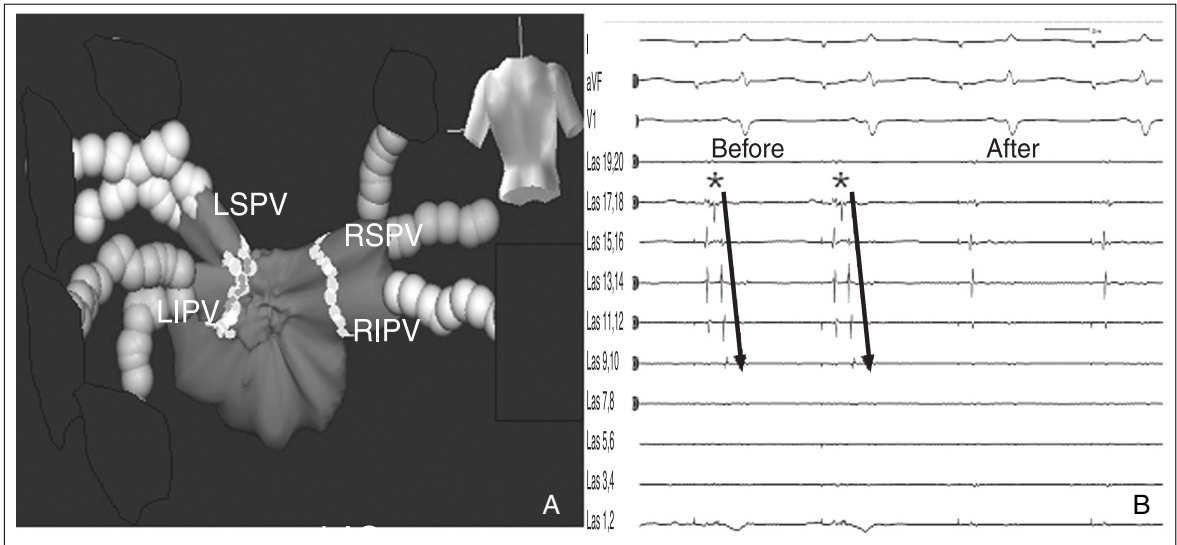
각 폐정맥 전위의 제거를 목표로 한 이 기법은 폐정맥 전위가 기록되는 부위에만 선택적으로 고주파 열에너지를 투여하게 됨으로써 구획적 절제법(segmental ablation)으로 명명된다. 이에 의한 심방 세동 제거 성공률은 AF의 임상상이 발작성(지속 기간이 평균 48시간 이내, 최대 1주일 이내)인 경우에는 60~70%이나 지속성(persistent, 지속시간이 1주일 이상) AF인 경우에는 25~50% 정도이었다. 또 AF를 촉발하는 APC의 발생 부위가 2~4개로 다발성일 경우 성공률이 감소되며 시술 당시 AF의 원인이 되는 APC가 충분히 나타나지 않을 때는 처음부터 4개의 폐정맥과 좌심방의 접합부위를 분리시키는 방법(empirical 4 PV isolation)을 쓰게 되는데 이 때 폐정맥과 관계없는 다른 부위(non-PV foci)에 원인이 숨어 있는 경우가 있으면 AF의 완전 제거에 실패하게 된다. 따라서 Isoproterenol(3~20ug/min)의 주입 후 출현한 심방기 외 수축과 이로 인해 촉발된 AF 또는 인위적으로 유발된 AF를 전기충격요법으로 율동 전환시킨 후 초기(1~5분 이내)에 출현하는 AF(immediate reinitiation of AF)을 분석하여 원인 부위 색출을 시도하기도 한다.(8)

3. Circumferential Pulmonary Vein Ablation

최근에는 3차원 지도화 시스템(CARTO, EnSite)을 이용한 좌심방-폐정맥 분리술이 많이 시도되고 있다. Pappone 등은(9) CARTO의 유도 하에 폐정맥과 좌심방의 접합부 선상에 카테터를 이용한 절제를 시행하고 발작성 AF의 85%, 지속성 AF의 68%에서 AF를 완전 제거할 수 있었다고 하였다. 이 방법은 폐정맥의 전기적 분리가 필수 최종 조건이 아닌 국소 전위가 기저 상태에 비해 80% 감소하거나 0.1mV 이하만 되면 효과적인 절제가 되었다고 간주하였는데 단순히 폐정맥 주위로 몇 개의 원형 선상 절제만으로 우수한 성적을 낼 수 있음을 보고한 것으로 주목의 대상이 되었다. 이의 결과가 발표된 이후 미시간 그룹은(10) segmental ablation법과 CARTO 유도 하에 폐정맥 개구부로부터 약 1~2cm 좌심방 쪽에서 시행한 LA ablation법을 전향적으로 비교한 연구 결과를 발표하였다. LA ablation시에는 폐정맥 뿐만 아니라 좌우 폐정맥 사이에 연결선과 좌폐정맥과 승모관륜 사이에 연결선을 추가하였다. LA ablation군(88%)이 segmental ablation군(67%)에 비해 AF 완치율이 유의하게 높았다. 그러나 다른 연구자들, 즉 Kottkamp 등(11)은 발작성 AF에서 43%, 지속성 AF에서 15%에서만 정상 율동 유지 효과가 있다고 하였으며 Vasamreddy 등(12)은 각각 62%와 53%에서만 효과가 있었다고 하여 이러한 해부학적인 접근이 Pappone 등이 보고한 것과 같이 모두 우수한 효과를 보이는 것은 아님이 밝혀지고 있어 AF의 절제를 위해 이 기법에만 의존하는 예는 최근 들어 줄어드는 추세에 있다.

4. Circumferential Ablation with Electrical Isolation

현재 임상에서 가장 흔히 쓰이고 있는 기법의 하나로서



A) 3-Dimensional Mapping System Guided Circumferential Pulmonary Vein Ablation
 B) Elimination of PVPs by Additional Ablation at the LA-PV Junction Showing PVPs
 After encircling of pulmonary veins (white circles in panel A), additional radiofrequency energy was delivered at the LA-PV junction (dark circles in panel A) to eliminate PVPs (*) as shown in panel B).
 LSPV: left superior pulmonary vein, LIPV: left inferior pulmonary vein, RSPV: right superior pulmonary vein, RIPV: right inferior pulmonary vein, LA-PV: left atrium-pulmonary vein, PVP: pulmonary vein potential

Figure 2. Circumferential pulmonary vein ablation with isolation

3차원 지도화 시스템의 유도 하에 위에서와 같은 방법으로 폐정맥 주위로 원형 선상 절제와 함께 폐정맥 전위의 제거를 동시에 목표로 한다. 이 방법은 Brokenbrough needle 기법에 의해 심방 중격 천자를 2번 시행하여 하나로는 전극도자 절제 카테터를 삽입하고 다른 하나를 통해 고리형 전극도자를 삽입하게 된다. Ouyang 등(13)은 3번의 천자 후 2개의 고리형 도자를 좌우 각각의 상하 폐정맥에 동시에 위치시켜 절제 도중 상하 폐정맥 전위의 변화를 동시에 관찰하는 방법을 쓰고 있는데 이들에 의하면 41명 중 9명이 재시술을 받았으며 전체적으로는 39명(95%)의 환자가 정상 율동을 유지한다고 하여 이러한 해부학적인 유도와 함께 폐정맥의 전기적 분리를 병합한 이 기법은 매우 효능이 우수함을 보고하였다.

본 연구실에서의 경험에 의하면 1998년 처음으로 전극도자에 의한 AF의 국소적 절제를 시도한 이후 국소적인 절제를 주로 시행해오던 2000년 이전에는 평균 성공률이 46.7%, 2001년에는 31.8%에 불과하였다가 폐정맥 전위를 기록하며 segmental ablation을 주로 시행하였던 2002~2004년에는 각각 70.8%, 59.4% 및 64.4%에 머물러 있다가 2005년 이후 폐정맥 원형 선상 절제와 전기적 분리의 혼합법(circumferential ablation and electrical isolation)(Figure 2)을 시행한 이후 2005년에는 84%, 2006년에는 현재까지 89.9%의 높은 성공률을 보이고 있다(Figure 3). 2005년에는 발작성 AF의 90.1%, 지속성의 경우 67.6%, 2006년에는 각각 93.9%, 83.3%의 성공률을 보이고 있다.

5. 기타 절제법

1) 심방세동 중 전극도자에서 기록되는 복잡 분할 형태의 전기적 신호유도에 의한 절제술(Complex Fractionated Electrograms(CFAEs) during Atrial Fibrillation Guided Ablation)

Nademanee 등(14)이 처음 제안한 기법으로서 AF 중 CFAEs(complex fractionated electrograms)가 기록되는 모든 부위를 겨냥하여 절제하는 방법이다. CFAE가 기록되는 부위는 전도속도가 현저히 느리거나 회귀파의 중심점과 일치한다는 가설 하에 CFAE 부위를 선택적으로 절제함으로써 AF의 유지 기전을 억제하기 위한 것이다. CFAE는 주로 심방 중격, 폐정맥 및 관정맥동 개구부위에서 관찰된다고 하였다. 이들을 겨냥한 절제 도중 95%의 환자에서 AF가 소멸되었으며 1년 후의 추적관찰에서 110명 중 92명은 1회의 시술 후 18명은 2번의 시술 후 전체적으로는 91%의 환자가 정상 율동이 유지되고 있음을 보고하였다. 이 결과가 보고된 이후 많은 연구실에서 AF, 특히 만성 AF의 기질적인 변화를 변조하기 위한 방법의 하나로 CFAE 유도에 의한 절제법을 많이 응용하고 있으며 결과도 비교적 우수함이 보고되고 있다. 그러나 CFAE가 AF 중 항상 일정한 지역에만 기록되는 것이 아니고 동시에 전 지역의 CFAE 분포 지역을 정확하게 파악할 수 없다는 제한점이 있다. 현재 시도되고 있는 3차원 지도화 시스템 등을 이용한 CFAE map 등이 활용된다면 이들 제한점들이 어느 정도 극복되리라 본다.

2) 심방 내 신경절 총(Ganglionated Plexuses)의 Mapping과 절제

심내막 내에 전극도자를 이용하여 고주파 자극(20Hz)을 반복적으로 가하면 신경절 총(ganglionated plexuses, GP)의 분포 지역을 찾을 수 있는데 고주파 자

극을 주면 GP 분포 지역에서는 주로 미주 신경이 항진된 소견으로 고도의 방실 차단이나 AF에 매우 느린 심실 반응이 나타나게 된다(15, 16).

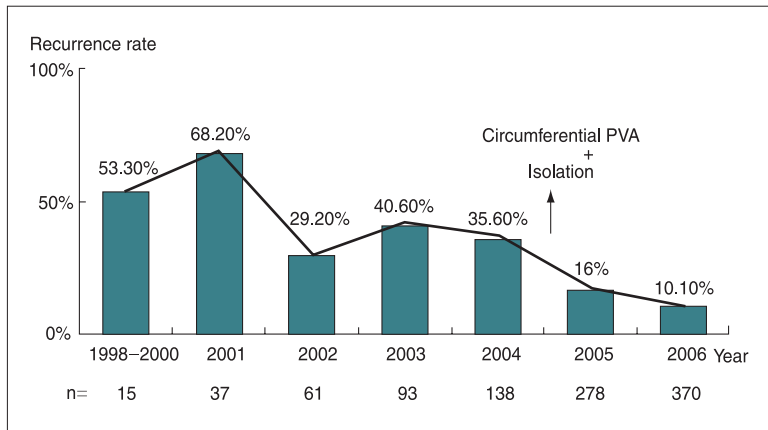
GP는 주로 각 폐정맥 강(antrum)에 분포하고 있으며 AF에서 보이는 CFAE 기록 부위와도 상관 관계가 있음이 보고되었다. GP 절제 후에는 동일한 고주파 자극을 가하여도 미주신경 반응이 소실되었으며 AF를 제거하는데도 어느정도 효과가 있음이 알려져 있다(17). GP 절제의 효과에 대해서는 보다 많은 환자와 장기간에 걸친 추적 관찰이 더 있어야 하겠다.

심방 세동의 일차 치료법으로서의 전극도자 절제술

AF의 전극도자 절제술은 1~3개의 다른 항부정맥제의 투여 후에도 정상 율동의 유지가 어렵거나 약제의 의한 부작용으로 약제를 지속하기 어려운 환자를 대상으로 하는 것이 일반적인 원칙이었었다. 최근 증상이 현저한 AF의 1차 치료법으로서 약물요법 또는 전극도자 절제술(폐정맥 격리술)의 효과를 전향적으로 비교한 연구가 발표되었는데(18) 전극도자 절제술을 받은 환자에서 AF의 재발률(13% 낮음)과 입원율(9% 낮음)이 약물요법을 받은 환자군(63%, 54%)에 비해 유의하게 낮았었다. 이 연구는 조만간 전극도자 절제술의 기법이 더욱 간편해지고 시술기간이 단축되며 안전성이 확보된다면 증상이 현저한 AF 환자의 1차 치료법으로 고려할 수 있음을 보여주는 결과이다.

심부전(Heart Failure)에 동반된 심방 세동의 전극도자 절제술

Bordeaux 그룹은(19) 심부전에 동반된 AF의 전극도



PVA: pulmonary vein ablation. n indicates the accumulated number of patients

Figure 3. Recurrence rate of atrial fibrillation after catheter ablation in Korea University Medical Center

자 절제의 효과에 관한 전향적 연구 결과를 발표하였는데, AF 제거 성공률이 69%로 심부전이 없었던 환자에서의 71%와 유사하였으며 성공적인 절제 후 심장 기능과 증상 및 삶의 질 모두가 현저하게 개선되었다고 하였다. 심장 기능 중 심구혈률은 21% 향상되었으며 단축률 (fractional shortening)도 11% 증가되었고 수축기와 확장기의 좌심실 크기도 감소되었다. 이러한 이로운 효과는 동반된 심장 질환이 있거나 절제 시술 전 심실 반응이 빠르지 않은 환자에서도 뚜렷하여 심부전을 동반한 AF의 절제는 심실 반응의 안정 효과 뿐만 아니라 심박수의 규칙성 및 심방 수축 기능의 회복과 같은 다양한 효과의 총체적인 결과에 의한다.

본 연구실에서 지난 2년간 시술한 환자 181명 중 심부전 및 좌심실 기능 장애(심구혈률 40% 미만)와 동반된 AF 환자 17명(9.4%, 8 PAF, 9 PeAF)을 관찰한 결과 평균 33개월의 관찰기간 동안 정상 율동으로 유지되는 환자가 78%이었다(대조군 86%). 시술 후 좌심실 확장기 직경은 큰 차이가 없었으나 심구혈률이 29%에서

50%로 증가되고 좌심실 수축기 직경이 유의하게 줄어든 결과를 보여 이전의 보고와 유사하였다. 심부전이 동반된 환자, 특히 젊은 연령층인 경우 심방의 구조적인 변화가 심화되기 이전에 보다 적극적으로 전극도자 절제술을 일차요법으로 고려할 필요가 있음을 보여주는 결과이다.

빈맥-서맥 증후군에 동반된 심방 세동의 전극도자 절제술

Hocini 등(20)에 의하면 AF가 소실되면서 3초 이상의 긴 동정지가 관찰되는 빈맥-서맥 증후군 환자(n=20)에서 AF의 전극도자 절제를 시행한 결과, 성공적인 AF의 제거 후 모든 환자에서 동 기능이 정상으로 회복되었으며 AF가 재발한 2명 중 1명에서만 영구형 심박동기 삽입 수술을 시행하였다고 하였다. 본 연구실에서도 18명의 빈맥-서맥 증후군 환자에서(심방 세동 소실 직후 3초 이상 동정지 및 이로 인한 실신 증상 호소) AF 절제술 후 AF가 재발한 4명 중 3명에서 영구형 심박동기 수술을 시행하였으며 14명은 성공적 절제술 후 동 기능 부전 또는 AF와 관련한 증상 없이 완전 회복되었다.

이와 같이 유의한 동기능 장애 소견이 AF와 연관되어 반복적으로 나타나는 빈맥-서맥 증후군 환자에서는 AF의 완전 제거를 통해 심장 박동기 수술 없이도 서맥이 회복될 수 있으므로 전극도자 절제술을 일차적으로 고려해야 한다.

합 병 증

보고자와 사용된 기법에 따라 차이가 있지만 AF 전극

도자 절제술에 따른 합병증의 빈도는 대개 2~5% 정도이다. 가장 문제시되는 흔한 합병증이 폐정맥 협착증이었으나 3차원 영상 진단시스템의 유도 하에 폐정맥-좌심방 접합부 원형 선상 절제법이 많이 쓰이면서 빈도가 현저히 줄었다(<1%). 본 연구실의 경험에 의하면 50% 이상 중등도의 폐정맥 협착증은 현재까지 4명(1.1%)이었으며 이 중 3명이 절제술 후 AF 또는 심방 조동이 재발하여 2번 이상 시술을 시행받은 환자이었다. 이들의 증상은 심한 운동시 느끼는 호흡곤란(NYHA II)이었다. 폐정맥 내 고주파 에너지를 투여할 때는 50℃, 30watt 이하, 폐정맥 개구부위나 좌심방-폐정맥 접합부에는 55℃, 40watt 정도의 제한된 에너지를 선택하면 폐정맥 협착의 빈도를 현저히 줄일 수 있다. 뇌 색전증이 5명(1.4%)에서 합병되었는데 모든 환자에서 시술 후 12~24시간 이내에 발현되었다. 3명은 시술 후 3개월 이내에 완전 회복되었으며 2명에서 각각 시야 결손증상, 상지 운동 장애 증상이 남아 있다.

시술 도중 심낭 압전(눌림증)이 11명(3.1%)에서 합병되었는데 이들 모두 시술실에서 경피적 심낭 천자로 회복되었으며 경과 도중 심낭염 등의 다른 증세는 합병되지 않았다. 드물지만 가장 치명적인 합병증으로 알려진 좌심방-식도 누공(fistula)은 본 연구실에서는 아직은 경험이 없으나 시술 후 약 2주 이내에 일시적으로 음식물 섭취 때마다 전흉부 동통을 호소한 환자가 2명 있었다. 식도 손상의 예방을 위해서는 ① 시술중 지속적인 식도 위치의 모니터링(조영제를 삼키게 하거나 G-E 튜브를 통해 조영제 주입 등)이나 ② 식도 내 온도 모니터, 또는 ③ 식도 주위의 좌심방 후벽에는 40watt 이상의 에너지를 피하고, ④ 좌심방 후벽쪽으로 절제 카테타를 너무 과도하게 압박하지 않는 것이 도움이 되리라 본다.

전극도자 절제술 후 관리

시술 당일 취침 전 저분자 헤파린을 피하 주사하고 와파린을 경구 투여 시작한다. 2~3일 이내에 퇴원이 무방한 데 모든 환자에서 퇴원 전 심장 초음파도를 시행한다. 약 2개월간 INR 2 정도를 유지하는 항응고 요법을 계속한다. 만성 AF나 색전증의 고위험군 환자에서는 정상 울동이 유지되어도 3~6개월까지 항응고 요법을 연장하는 것이 보다 안전하다. 시술 후 발작성 AF의 경우에는 항부정맥제를 중단하고 지속성 또는 만성인 경우에는 약 2개월간 항부정맥제를 유지하다가 서서히 줄여 나간다. 시술 후 2~3개월 이내에 발생한 AF나 심방 빈맥은 약 50%의 환자에서 자연 소실될 가능성이 있으므로 항부정맥제(class I 또는 III)를 투여하면서 증상 조절을 하다가 재시술의 필요성 여부는 3개월 정도 경과 후 결정하는 것이 바람직하다. 시술 후 처음 1개월에는 1주일 간격으로 외래 진료를 하고 2개월 이후에는 1개월간 간격으로, 다음에는 정기적으로 약 3~6개월 간격으로 활동 심전도 등의 검사를 시행한다. ⑤

참고 문헌

1. Wyse DG, Waldo AL, DiMarco JP, Domanski MJ, Rosenberg Y, Corley SD, et al. Atrial Fibrillation Follow-up Investigation of Rhythm Management (AFFIRM) Investigators. A comparison of rate control and rhythm control in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2002; 347: 1825 - 33
2. Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Clementy J, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med* 1998; 339: 659 - 66

3. 라승운, 김영훈, 박희남, 박상원, 신성희, 노영무 등. Initiation and maintenance mechanism of atrial fibrillation assessed by 3-dimensional non-contact mapping system. *Korean Circulation J* 2004; 34: 195 - 203
4. Kim, Y-H, Rha SW, Park SW, Park SM, Pak HN, Ro YM, et al. Wave front dynamics during atrial fibrillation with repetitive pulmonary vein tachycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003; 26: 1006(309)
5. Haissaguerre M, Jais P, Shah DC, Garrigue S, Takahashi A, Clementy J, et al. Electrophysiological end point for catheter ablation of atrial fibrillation initiated from multiple pulmonary venous foci. *Circulation* 2000; 101: 1409 - 17
6. Marrouche NF, Dresing T, Cole C, Bash D, Saad E, Natale A, et al. Circular mapping and ablation of the pulmonary vein for treatment of atrial fibrillation: impact of different catheter technologies. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 464 - 74
7. Oral H, Knight BP, Tada H, Ozaydin M, Chugh A, Morady F, et al. Pulmonary vein isolation for paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Circulation* 2002; 105: 1077 - 81
8. Lau CP, Tse HF, Ayers GM. Defibrillation-guided radiofrequency ablation of atrial fibrillation secondary to an atrial focus. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 1217 - 26
9. Pappone C, Oreto G, Rosanio S, Vicedomini G, Tocchi M, Alfieri O, et al. Atrial electroanatomic remodeling after circumferential radiofrequency pulmonary vein ablation: efficacy of an anatomic approach in a large cohort of patients with atrial fibrillation. *Circulation* 2001; 104: 2539 - 44
10. Oral H, Scharf C, Chugh A, Hall B, Cheung P, Morady F, et al. Catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation: segmental pulmonary vein ostial ablation versus left atrial ablation. *Circulation* 2003; 108: 2355 - 60
11. Kottkamp H, Tanner H, Kobza R, Schirdewahn P, Dorszewski A, Hindricks G. et al. Time courses and quantitative analysis of atrial fibrillation episode number and duration after circular plus linear left atrial lesions: trigger elimination or substrate modification: early or delayed cure? *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 869 - 77
12. Vasamreddy CR, Dalal D, Eldadah Z, Dickfeld T, Jayam VK, Calkins H, et al. Safety and efficacy of circumferential pulmonary vein catheter ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm* 2005; 2: 42 - 8
13. Ouyang F, Bansch D, Ernst S, Schaumann A, Hachiya H, Kuck KH. Complete isolation of left atrium surrounding the pulmonary veins: new insights from the double-Lasso technique in paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation* 2004; 110: 2090 - 6
14. Nademanee K, McKenzie J, Kosar E, Schwab M, Sunsanee-witayakul B, Ngarmukos T, et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 2044 - 53
15. Nakagawa H, Scherlag BJ, Wu R, Po S, Lockwood D, Jackman WM, et al. Addition of selective ablation of autonomic ganglia to pulmonary vein antrum isolation for treatment of paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Circulation* 2004; 110: III - 543
16. Scherlag BJ, Nakagawa H, Jackman WM, Yamanashi WS, Patterson E, Lazzara R, et al. Electrical stimulation to identify neural elements on the heart: their role in atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 2005; 13: 37 - 42
17. Scherlag BJ, Yamanashi WS, Schauerte P, Scherlag M, Sun YX, Lazzara R, et al. Endovascular stimulation within the left pulmonary artery to induce slowing of heart rate and paroxys-

- mal atrial fibrillation. *Cardiovasc Res* 2002; 54: 470 - 5
18. Wazni OM, Marrouche NF, Martin DO, Verma A, Bhargava M, Natale A, et al. Radiofrequency ablation vs antiarrhythmic drugs as first-line treatment of symptomatic atrial fibrillation. *JAMA* 2005; 293: 2634 - 40
19. Hsu LF, Jais P, Sanders P, Garrigue S, Hocini M, Haissaguerre M. Catheter ablation for atrial fibrillation in congestive heart failure. *N Engl J Med* 2004; 351: 2373 - 83
20. Hocini M, Sanders P, Deisenhofer I, Jais P, Hsu LF, Haissaguerre M. Reverse remodeling of sinus node function after catheter ablation of atrial fibrillation in patients with prolonged sinus pauses. *Circulation* 2003; 108: 1172 - 75



Peer Reviewer Commentary

김 윤 년 (계명대 내과)

본 논문은 난치성의 심장 질환의 하나인 심방세동의 새로운 치료법 중 하나인 심방세동 도자절제술에 관한 다양한 방법적인 소개와 방법에 따른 결과, 그리고 합병증에 대해 기술하고 있다. 심방세동 도자절제술은 필자가 설명한 대로 심방세동의 완치 또는 근치라는 목표와 비교적 높은 성공률과 낮은 합병률을 보이고 있으나, 현재까지는 각 질환 별로 시술받은 환자들의 숫자가 제한적이며, 또한 시술자의 경험에 따라 성공률과 재발률의 차이가 크기 때문에 보편적인 시술로 보기에는 한계가 있다고 보여 진다. 따라서 경험 있는 시술자나 여건이 갖추어진 검사실에서 선별된 환자에서 시행하여야 할 필요가 있음을 고려하여야 하겠다.