

소아 부정맥의 비약물적 치료

서울대학교 의과대학 소아과학교실

배 은 정

Nonpharmacological treatment of arrhythmia

Eun-Jung Bae, M.D.

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

Although antiarrhythmic medication has been the main treatment modality for arrhythmia in children, in recent decades technological development and computerization have made great advances in nonpharmacological therapy. This article reviews the transcatheter radiofrequency ablation for tachycardia in children, recent advances of device therapy for bradycardia, antitachycardia pacing, implantable cardioverter defibrillator. As a new field of device therapy, cardiac resynchronization therapy for congestive heart failure is also mentioned. (Korean J Pediatr 2006;49:930-936)

Key Words : Arrhythmia, Ablation, Pacemater

서 론

최근에도 소아 부정맥 치료의 근간은 항 부정맥 약제의 적절한 사용이라 할 수 있으나 여러 기술적 발전과 경험의 축적으로 비약물적 부정맥 치료가 소아영역에서도 확대되었다. 이 종설에서는 소아 빈맥에 대한 전극도자 절제술과 부정맥에 대한 기구 삽입술의 최근 진전 즉 제세동기와 심부전 치료의 영역으로 확대된 심박동기인 심장 제동기화 치료(cardiac resynchronization therapy)에 대해 소개하고자 한다.

빈맥에 대한 전극도자 절제술

부정맥 중 빈맥성 질환인 경우 그 기전 및 병소의 특성 그리고 임상 양상을 고려하여 양성인 경우는 그냥 치료 없이 관찰하기도 하지만 흔히 일차적으로 항부정맥 약제를 사용한 치료를 해왔다. 그러나 약물 치료는 대개의 경우 부정맥을 근원적으로 치료하는 것은 아니며 또한 항 부정맥 약제에 의한 다른 부정맥의 유발(proarrhythmia), 심근 기능 저하 등의 부작용이 있다. 이에 최근에는 침습적이나 궁극적 치료법으로 전극도자 절제술을 시행하고 있고 국내에서는 2005년부터 의료보험의 적용을 받을 수 있게 되었다. 과거에 시행하던 direct current ablation은

시술이 어렵고 합병증이 많아 소아에서의 임상적용은 제한적이었으나 1987년 임상에 도입된 radiofrequency energy ablation은 시술이 용이하고 안전성이 높아 급속히 임상적용이 늘게 되었다. 소아 빈맥에 대한 적용은 1990년에 처음 시도된 이래로 여러 가지 종류의 빈맥성 질환에 확대되어 시행되고 있다¹⁻⁴⁾. 전극도자 절제술은 대부분 진단적 전기생리학적 검사와 함께 시행된다.

1. 소아 전기생리학적 검사(electrophysiologic study)

심장에 일정한 자극을 가한 후에 발생하는 반응을 검사함으로써 심장에서 일어나는 생리적인 혹은 병적인 전기적 성격을 파악할 수 있다. 이러한 유발성 검사를 전기 생리학적 검사라고 한다. 이러한 유발성 검사는 반 침습적(semi-invasive)인 검사로 식도를 통해 도관을 삽입하여 시행하는 경식도 조율 검사(trans-esophageal atrial pacing study)와 침습적인 심장내 전기 생리학적 검사(intra-cardiac electrophysiologic study)가 있다. 경식도 조율 검사는 식도를 통해 가느다란 경식도 전극도자(대부분 4 F)를 삽입하여 좌심방의 전기적 상태를 판단하고 조율함으로써 부정맥을 진단하고 치료할 수 있는 검사법으로 특히 침습적 검사가 힘든 영아에서 아주 효과적이다.

심장 내 전기 생리학적 검사는 우심방, His 속, 우심실, 그 외 필요에 따라 관 정맥동, 좌심실, 좌심방 등에 전극 도자를 삽입한 후 각 부위의 전기 현상을 기록하고 각종 유발 검사를 시행하여 심장의 전기적 현상을 파악하고, 부정맥을 유발시키거나 정지시키면서 부정맥의 특성을 파악하게 된다(Fig. 1). 비침습성 심전도 및 기타 검사로 부정맥의 특성을 많이 파악할 수 있기

접수 : 2006년 6월 28일, 승인 : 2006년 7월 25일
책임저자 : 배은정, 서울대학교 의과대학 소아과학교실
Correspondence : Eun-Jung Bae, M.D.
Tel : 02)2072-3097 Fax : 02)743-3455
E-mail : eunjbae@plaza.snu.ac.kr

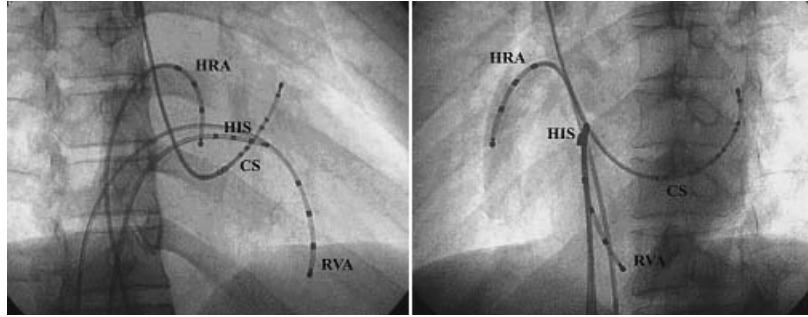


Fig. 1. The standard electrode catheter position of intracardiac electrophysiologic study. Left panel; right anterior oblique view of fluoroscopy. Right panel; left anterior oblique view of fluoroscopy. Abbreviations: HRA, high right atrium; HIS, His-bundle; CS, coronary sinus; RVA, right ventricular apex.

때문에 이전보다는 전기생리학적인 검사의 적응증을 좁게 잡는 경향이 있다. 현재 소아에서 전기 생리 검사가 시행되는 일반적인 적응증은 다음과 같다. (1) 발작성 빈맥 환자에서 치료 목적의 시술(전극도자 절제술)을 하면서 전기 생리학적인 검사를 할 경우 (2) 규명되지 않은 이상 QRS complex의 빈맥, 설명되지 않는 실신, 소생된 심정지 병력이 있는 환자에서 진단 목적으로 시행한다. (3) 심장 수술을 앞둔 환자가 WPW 증후군이 있거나 다른 지속성 부정맥이 있을 때 전극도자 절제술을 위하여 혹은 부정맥에 대한 수술적 치료에 앞서 지표화(mapping)를 시행한다. (4) 심장 수술을 받은 환자에서 고도의 심실성 조기 수축 등의 심실성 부정맥이 있을 때 그 위험성에 대한 평가를 위해 전기 생리학적인 검사를 할 수 있다. 그러나 아직 확실한 조율 프로그램이 확립되어 있지 않고 그 의미에 대해서 논란이 있다. (5) 생명에 지장을 줄 위험이 있는 부정맥 환자에서 항부정맥 약제의 효과를 판단하기 위해 전기 생리학적인 검사를 시행 할 수 있다.

2. 전극 도자 절제술

고주파 전극도자 절제술은 앞서 기술한 바와 같이 진단적 전기 생리학적인 검사로 빈맥의 기전을 규명하고 정확한 원인 병소를 찾은 후에 전극도자를 통하여 고주파 전류(300-1,000 kHz)를 가함으로써 그 부위의 세포에 열 손상을 입혀 전기 생리학적인 변성을 초래하여 빈맥의 원인 병소를 치료하는 방법이다. 동물실험 결과에 의하면 이때 만들어진 병소는 coagulation necrosis 가 발생하고 이에 따라 섬유성 반흔조직으로 대체된다. 손상된 조직은 전기의 전도가 중단되게 되어 이소성 빈맥의 병소였던 곳이라면 병소의 탈분극 혹은 전도가 차단되어 빈맥이 치료되며, WPW 증후군과 같이 회귀성 빈맥의 회로를 담당하는 부전도로라면 부전도로의 전도가 차단되어 회귀성 빈맥의 회로를 끊게 된다. 따라서 약물 치료와 달리 부정맥 발생만 억제되는 것이 아니라 원인 병소를 기능적으로 제거하는 궁극적인 치료법이다^{5, 6)}.

소아에서 고주파 전극 도자 절제술 시행 시기를 결정하는 데는 여러 가지를 고려해야 한다. 즉, 소아 빈맥의 자연 경과에 대한 이해, 약물 치료의 효과와 부작용, 전극 도자술의 성적과 재

발률, 전극 도자술의 합병증 등을 고려해야 한다. 아직 시술자마다 적응증이 일치하지는 않지만 공통된 견해는 영아나 2세 미만의 어린 유아인 경우는 극심한 증상을 가진 발작성 빈맥이나 심실 기능의 저하가 합병된 경우에서 모든 약제에 반응이 없는 경우에만 고주파 전극 도자 절제술을 시행한다. 이 시기는 시술에 따른 합병증의 빈도가 상대적으로 높고, 일부에서는 부전도로나 병적인 자동성을 가진 병소가 시간이 지남에 따라 자연 소실되기도 하는 자연 경과를 보이기 때문이다^{7, 8)}. 체중이 약 15 kg 이상(4세 이상)의 소아에서는 성인에 견줄 만큼 합병증 발생이 경미하고 성공률이 높기 때문에 일차적 약물 치료에 잘 반응하지 않는 부정맥 이외에 약물 투여보다 절제술을 일차적으로 원하는 경우에 까지 적응증을 널리 잡기도 한다. WPW 증후군, 발작성 상실성 빈맥, 이소성 심방 빈맥은 90-95% 정도의 높은 성공률을 보인다. 심실 빈맥, 심방 조동도 전극도자 절제술의 대상이 된다(Fig. 2). 정확한 병소를 찾는 것이 절제술의 가장 중요한 핵심인데 부정맥 종류에 따라 적절한 방법을 적용해야 한다. Activation mapping, pace-mapping, concealed entrainment test 등으로 어느 부위에서 전기 현상이 가장 빠르게 발생하는지, 회로 중의 지연 전도가 일어나는 부분과 흥분의 출구가 어디인지를 파악하게 된다. 국제 부정맥학회(North American Society of Pacing and Electrophysiology_Heart Rhythm Society)에서 제시한 소아 전극도자 절제술의 적응증은 다음과 같다⁹⁾.

Class 1: 일반적으로 시행

- WPW 증후군에서 심정지의 병력이 있을 때
- WPW 증후군에서 실신의 병력이 있고 부전도로 불응기 <250 ms, 혹은 심방 세동 시 좁은 RR 간격 <250 ms
- 심실 기능 부전과 동반된 만성 빈맥 혹은 재발성 빈맥
- 혈액학적 장애를 동반한 재발성 심실 빈맥에서 절제술이 용이 할 때

Class II A: 흔히 시행하나 이견이 있을 수 있음

- 5세 이후에서 일반 항부정맥 약제에도 재발되는 상실성 빈맥

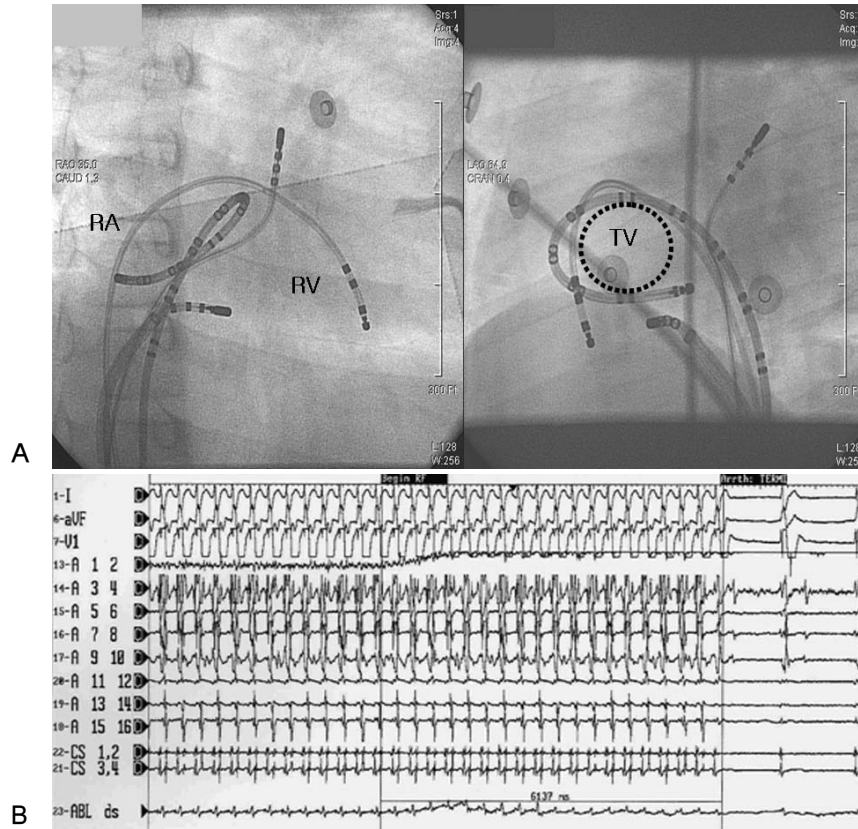


Fig. 2. An illustrative case of radiofrequency ablation. 12 years old boy with atrial flutter, status post tetralogy of Fallot repair. A) Fluoroscopic position of electrode catheters. A duo-decapolar catheter is positioned around tricuspid annulus(TV). B) This intracardiac electrogram shows termination of periannular atrial flutter during radiofrequency catheter ablation. Abbreviations: RA, right atrium; RV, right ventricle; TV, tricuspid valve.

- 빈맥 환자에서 심장 수술 후 도관 접근이 어려워지는 선천성 심기형의 수술 전
- 만성 혹은 incessant SVT에서 심기능이 보존되어 있을 때
- 만성적이거나 자주 재발하는 심방내 회귀성 빈맥
- 심계항진의 병력이 있었던 환자에서 전기생리적 검사 시 지속적 상실성 빈맥이 유발될 때

Class II B: 시행하는 경우도 있으나 이견이 있을 수 있음

- 5세 이후에서 무증상의 WPW 증후군
- 5세 이후에서 항부정맥 약제에 잘 조절되는 상실성 빈맥, 약물 치료 대신으로
- 5세 미만에서 약제에 반응이 없거나 부작용이 있는 상실성 빈맥
- 심방내 회귀성 빈맥이 일년에 1-3회 정도 발생할 때
- 재발성 혹은 약물에 반응이 없는 심방내 회귀성 빈맥에서 방실결절 절제와 박동기 삽입
- 혈액학적 장애를 동반한 심실 빈맥이 한번 발생하였고 절제술이 용이할 때

Class III: 시행하지 않도록 권장되는 경우

- 5세 미만의 무증상의 WPW 증후군
- 5세 미만에서 일반 항 부정맥 약제로 조절이 되는 상실성 빈맥
- 심실 기능 저하가 없는 비지속적 심실 빈맥(not incessant)
- 비지속적 상실성 빈맥에서 증상이 경미하여 치료가 필요 없을 때

북미지역의 다기관 보고에 의하면 소아 전극도자 절제술은 1990년대 초는 9.6%, 1990년대 후반기에는 4.8%의 초기 실패율을 나타내었다^{10, 11)}. 그리고 합병증 발생률은 초기에는 4.2% 후기에는 3.0%로 개선됨을 보고하였으며 이중 심장 천공, 완전 방실 차단, 판막손상 등의 주요 합병증은 1.4%에서 발생하였다. 국내에는 1990년대 후반부부터 소아 전극도자 절제술이 시행되어 최근까지 수백 예의 경험이 쌓이고 있으며 초기 실패율도 3% 정도의 좋은 성적을 이루고 있다¹²⁻¹⁴⁾. 재발률은 질환별로 차이가 있으나 일반적인 상실성 빈맥인 경우 4-7% 정도이다. 선천성 심기형이 있는 경우는 전도로의 체계 이상이 드물지 않게 동반되

고¹⁵⁾ 또한 수술 후의 반흔과 심근의 손상으로 심기형 수술 후에 부정맥이 흔하다. 이런 경우의 전극도자 절제술을 위해서는 심장 구조 및 전도로의 정확한 해부학적 지식을 요한다. 또한 부정맥의 회로가 여러 군데 인 경우가 흔하며 폰탄수술이나 Senning 수술 처럼 수술에 의한 변형으로 병소의 접근이 매우 어려운 경우가 있어 정상 심장 구조를 가진 경우보다 치료가 어려우며 재발율도 높다¹⁴⁻¹⁹⁾. 특히 심장 수술 후에 발생하는 부정맥에서 명확하고 빠른 부정맥 병소의 확인 및 회귀성 빈맥의 회로의 파악을 위해 3차원적 Mapping 시스템(CARTO, Ensite)을 이용하여 복잡 부정맥에 대한 성적을 향상시키게 되었다²⁰⁾.

부정맥에 대한 기구 삽입술(device therapy)의 진전

부정맥을 치료하기 위해 심장에 기구를 삽입하는 치료법으로 과거에는 완전 방실 차단증과 같은 서맥의 치료에 사용되어 왔으나 최근에는 빈맥의 치료 및 심부전의 치료 영역까지 확대되고 있다. 근본적으로 조율유도(lead)를 심내막 혹은 심외막에 심고 발생기(generator)를 대흉근 하부(subpectoral)나 복부에 설치한다. 기구에 의한 부정맥 치료는 전극도자 절제술과 달리 근원적 부정맥 치료가 되지는 못하고 고식적 치료가 될 수 밖에 없어 부정맥은 여전히 남아 있는 상태에서 증상의 호전 즉 부정맥의 조절을 꾀하는 치료이다. 따라서 기구의 기능이 나빠지거나 소실될 때 심각한 문제를 야기할 수 있으므로 평생 관리를 해야 하며 항부정맥 약제와 병행하기도 한다²¹⁾. 소아에서의 문제점으로는 이러한 기구의 대부분은 성인을 대상으로 하여 개발된 것으로 작은 소아에서는 설치 과정에서부터 어려움이 많이 있으며 환아가 성장해가면서 조율유도의 합병증이 생길 수 있다. 이러한 문제는 최근까지도 크게 해결되지 않고 있는 실정이다²²⁾. 기구 삽입의 경우는 수술이나 약물치료 보다는 경우에 따라서는 정신적 부담을 더 많이 환자에게 줄 수도 있다. 이러한 정신적 상처는 청소년기에 더 큰 문제가 될 수 있으므로 정서적 지지에 신경을 기울일 필요가 있다. 기구 삽입술은 크게 1) 서맥 치료 심박동기 2) 항 빈맥 조율 3) 제세동기 4) 심장 제동기화 치료(cardiac resynchronization therapy)로 나눌 수 있다.

1. 서맥 치료 심박동기

방실 차단증, 동결절 기능 장애 등의 서맥에 대하여 현재까지 뚜렷한 약물 치료는 없는 실정이다. 1970년대에 소아에서 처음 설치된 이후로 발전을 거듭하여 심박동기 크기와 무게를 감량하여 최근에는 47 mm 크기에 7.5 mm 두께의 generator가 개발되었고 전극도 steroid eluting lead 의 개발로 이물질에 대한 염증 반응을 줄일 수 있게 되어 박동기 및 조율유도 수명연장 효과를 얻게 되었다. 임상에서 가장 흔하게 사용하는 심박동기의 형태는 AAI, VVI, DDD, VDD이나 점차 생리적인 요구에 맞는 심박수-적응(rate-adaptive) 기능이 있는 모드, 즉 DDDR, AAIR을 선호하게 되었다. 소아 서맥에서의 심박동기 삽입 기준은 다

음과 같다.

Class I: 일반적 적응증

- 증상이 있는 2 도 혹은 3 도 방실 차단증
- 서맥에 의한 증상이 있는 동결절 기능 장애
- 심장 수술 후에 발생한 지속적인(수술 후 7일 후까지) 2도 혹은 3도 방실 차단
- 선천성 방실 차단증
- 넓은 QRS 이탈 박동
- 영아에서 심박수 50-55/분 미만(심기형이 없을 때)
- 선천성 심기형이 있을 때는 심박수 70/분 미만
- 휴지(pause) 의존성 심실 빈맥
- 전신 근육 질환과 동반된 서맥증

Class II: 적응증에 아직 다양한 의견이 있는 경우

- 서맥 빈맥 증후군
- 선천성 방실 차단증; 심박수 <50/분(1세 이후), 심실 휴지 >2-3초
- 무증상의 동결절 기능 장애가 선천성 심기형에 합병된 경우 심실 휴지 >3초, 심박수 <35/분
- 기타
- 비후성 심근증; 증상이 있는 좌심실 유출로 협착
- 재발성 실신
- PR이 연장된 확장성 심근증
- Tri-fascicular block에서 HV 간격>100 ms

2. 항 빈맥 조율(antitachycardia pacing)

대부분의 회귀성 빈맥이 단일 기외수축이나 연속적인 조율에 의해 회귀 회로가 차단될 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 빈맥을 중단 시키는 방법으로 항 빈맥 조율 기능을 가지는 심박동기를 빈맥 치료를 목적으로 삽입하는 부정맥 치료법이다. 모든 종류의 회귀성 빈맥에서 이론적으로는 적용할 수 있으나 심실성 빈맥인 경우는 항 빈맥 조율 단독으로만 사용하지 않고 제세동기 설치 시 함께 적용하는 경우가 많다. 또한 일반적인 방실 회귀성 빈맥이나 방실결절 회귀성 빈맥인 경우는 전극도자 절제술로 완치율이 높으므로 잘 사용하지 않는다. 주로 심장 수술 후에 발생하는 심방 회귀성 빈맥에서 적용하여 효과를 보는 경우가 있다. 효과적인 항 빈맥 조율을 위해서는 (1) 빈맥의 진단에 대한 박동기의 예민성, 특이성이 높아야 하며 (2) 적절한 프로그래밍으로 효과적인 빈맥 종식이 이루어 져야 한다. 소아의 경우는 동율동의 심박수가 빠르기 때문에 이상 빈맥의 감별이 쉽지않은 않다. 심방 흥분의 빈도, 시작되는 양상, 그리고 빈맥 속도의 안정성과 빠르기 등을 고려하여 조율 상황을 환자 별로 맞춰서 설정하게 된다. 항 빈맥 조율을 위해서는 심내막 삽입을 통한 bipolar lead 삽입이 더욱 효과적이다.

복잡 심기형 수술 후에 발생하는 중요한 합병증 중의 하나가 심방 조동이며 그 대표적인 질환이 단심실증에서 폰탄 수술을 시행한 경우이다. 이때는 심방 조동이 동성 서맥과 동반하여 발

생하는 경우가 있는데, 이러한 불규칙적인 서맥이 심방근의 불응기의 다양성을 더 조장하고 그에 따라 재입 기전을 유발할 수도 있기 때문이다^{23, 24}. 이에 근거하여 지속적이고도 규칙적인 심방 조율로 항부정맥 약제 없이 심방성 빈맥이 약 83%에서 방지되기도 하였다²⁵. 여기에 추가하여 일반적인 심방 조율 외에 심방 빈맥을 멎게 하는 급속 항 빈맥 심방 조율 기능을 갖춘 박동기를 사용하는 것이 더욱 효과적이다.

3. 제세동기(implantable Cardioverter - Defibrillator, ICD)

제세동기는 쇠골하 정맥을 통하여 우심실에 삽입한 코일이 있는 조율 유도과 대흉근 하부에 위치한 ICD 기구로 구성되어 일반 심박동기와 유사하게 삽입하며 일반 심박동기의 조율기능도 가지고 있다. 자체에서 심박동을 감지하여 빠른 심실빈맥이나 심실세동으로 판단되면 미리 설정한 프로그램이 가동되어 coil 과 ICD 기구 간에 전기충격을 발생시켜 부정맥을 멈추게 하는 기구이다(Fig. 3). 성인에서 부정맥에 의한 급사의 예방으로서 제세동기의 효과는 이미 입증된 상황이다. 과거에 여러가지 항부정맥 약제가 시도 되었으나 다른 약제는 급사예방 효과가 없거나 Ic 계열 항부정맥 약제는 심근 경색 후에 사용했을 때 오히려 급사율을 더 증가시키는 것으로 조사되었다. 현재 급사 예방 목적으로 쓰이는 항부정맥제는 아마오다론만이 유일하게 쓰이고 있다. 그러나, 최근에 아마오다론과 제세동기 간에 급사예방효과의 비교연구에서 제세동기가 우수한 것으로 나타나 급사예방에 관한 한 제세동기가 표준치료로 자리잡게 되었다²⁶.

제세동기의 적응이 되는 경우는 (1) 심실빈맥이나 심실세동에 의한 돌연사로 부터의 생존자들 (2) 심장병이 있는 환자에서 지속성 심실빈맥이 있는 경우 (3) 심장병이 없더라도 약물치료에 듣지 않는 심실빈맥 환자 (4) 원인불명의 실신환자로 심실빈맥/세동이 유발된 경우 등이 있으며, 그 외에도 돌연사의 위험이 높은 경우, 예방적차원에서 제세동기의 시술이 권장된다. 우리나라에서도 1996년 처음으로 제세동기의 시술이 시작된 이래 성인

의 경우 약 200여명의 환자가 시술을 받았다. 소아에서의 적용도 점차 확대되어가고 있는 실정이나 아직 여러 문제점을 가지고 있다. 소아에서의 제세동기 성적은 아직 더 많은 경험과 추적 관찰을 요하나 2년 관찰한 결과 약 28%에서 적절한 제세동이 이루어져 생명보존의 효과가 있었던 반면 25%에서는 불필요한 전기 충격이 발생하였으며 조율 유도의 기능 부전이 주요 원인이 되고 있다²⁷.

4. 심장 재 동기화 치료(cardiac resynchronization therapy)

말기심부전 환자에서 심장의 재동기화치료는 우선 인공 심장 박동기의 심방-심실간의 간격(AV delay)를 조절하여 심한 1도 방실 차단을 최적화함으로써, 좌심실의 isovolumetric relaxation time (IVRT)을 줄여서 이완기 충만기간(diastolic filling period)을 늘이고, 승모판 폐쇄부전의 정도를 줄여서 좌심방 압력과 크기를 줄임으로써 결국 좌심실 수축기 기능을 향상시킨다. 말기 심부전 환자에서 보이는 좌심실 수축의 비동기화(interventricular and intraventricular asynchrony)는 심실중격과 좌심실 후벽이 동시에 수축을 시작하지 않는 현상으로 이로 인해 심실의 수축이 효율적인 구출을 하지 못하게 되어 심부전이 악화되는 현상이다. 관정맥동을 통하여 좌심실을 그리고 다른 유도로 우심실을 조율하는 박동기를 삽입하여 인공 심장 박동기의 우심실-좌심실간의 전기자극의 시간차를 최적의 상태로 조절하면 우심실과 동시에 좌심실을 인공적으로 수축시킴으로써 좌심실이 보다 동시에 수축할 수 있게 한다. 이로 인하여 좌심실의 dP/dt, 박출계수(ejection fraction, EF), 심박출계수(stroke volume, SV), 심박출량(cardiac output, CO)이 증가하고 수축기말 좌심실 내경이 작아진다. 또한 승모판폐쇄부전증이 줄어 좌심실 수축기기능이 더욱 호전된다. 뿐만 아니라 우심실-좌심실간의 동기화도 동시에 이루어져서 우심실 박출량이 늘어서 결국에는 좌심실의 이완기 충만을 증가시킨다. 심장의 재동기화치료만으로도 전체 사망률의 감소를 보이지만 심장 사망률의 감소는 아직

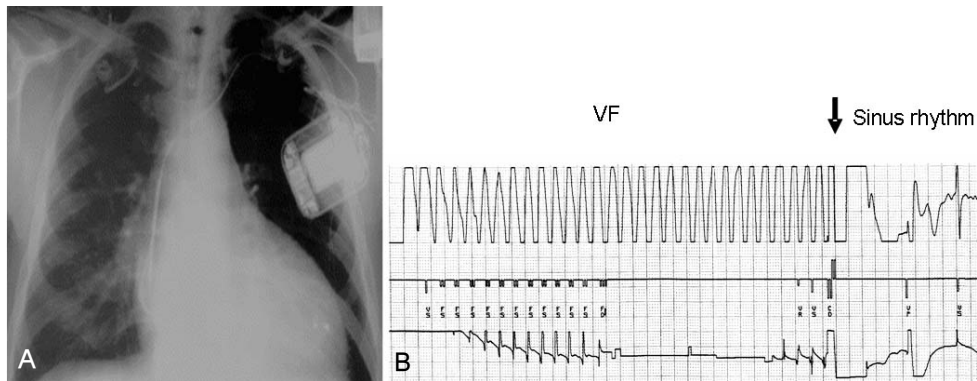


Fig. 3. A case of implantable cardioverter-defibrillator (ICD). A) ICD device is positioned at right subpectoral area and lead is inserted into right ventricular apex transvenously. B) Telegram strip documenting successful defibrillation of ventricular fibrillation. Arrow is indicating the point of shock energy (20J) delivered and the rhythm was converted to sinus rhythm. Abbreviation : VF, ventricular fibrillation.

증명되지 않았다^{28, 29}). 말기 심부전 환자의 사망에 가장 큰 원인은 심실빈맥 및 심실세동으로, 이러한 원인에 의한 사망률의 감소는 삽입형 제세동기가 가지고 있다. 최근에는 하나의 기기에 재동기치료 기능과 삽입형 제세동기(implantable cardioverter-defibrillator, ICD) 기능을 동시에 갖춘 기기에 대한 시술이 늘고 있으며, 이러한 경우에는 심실빈맥 및 심실세동으로 인한 심장 사망률도 같이 감소시킬 수 있으며, 반면에 삽입형 제세동기는 좌심실 remodeling의 역전이나 심박출계수의 호전, 증상의 호전 등을 보이지 못하므로 두 가지 기능을 모두 갖춘 ICD + CRT 기종의 역할이 점차 증대되고 있다. 소아 영역에서도 차용 시도되고 있으며 활로 4정 수술 후의 우심실 부전에서 적용하여 심기능이 향상되었다는 보고가 있다³⁰).

참 고 문 헌

- Dick II M, O'Connor BK, Berwer GA, LeRoy S, Armstrong B. Use of radiofrequency current to ablate accessory connections in children. *Circulation* 1991;84:2318-24.
- Kugler JD, Danford DA, Deal BJ, Gillette PC, Perry JC, Silka MJ, et al. Radiofrequency catheter ablation for tachyarrhythmias in children and adolescents. The Pediatric Electrophysiology Society. *N Engl J Med* 1994;330:1481-7.
- Van Hare GF, Witherell CL, Lesh MD. Follow-up of radiofrequency catheter ablation in children: results in 100 consecutive patients. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:1651-9.
- Kugler JD, Danford DA, Houston K, Felix G. Radiofrequency catheter ablation for paroxysmal supraventricular tachycardia in children and adolescents without structural heart disease. Pediatric EP Society, Radiofrequency Catheter Ablation Registry. *Am J Cardiol* 1997;80:1438-43.
- Zipes DP, Jalife J. *Cardiac Electrophysiology, From cell to bedside*. 4th ed. Saunders, 2004.
- Barbara J Deal, Grace S Wolff, Henry Gelband. Current concepts in diagnosis and management of arrhythmias in infants and children. *Futura* 1998
- Perry JC, Garson A Jr. Supraventricular tachycardia due to Wolff-Parkinson-White syndrome in children: early disappearance and late recurrence. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:1215-20.
- Deal BJ, Keane JF, Gillette PC, Garson A Jr. Wolff-Parkinson-White syndrome and supraventricular tachycardia during infancy: management and follow-up. *J Am Coll Cardiol* 1985;5:130-5.
- Friedman RA, Walsh EP, Silka MJ, Calkins H, Stevenson WG, Rhodes LA, et al. NASPE Expert Consensus Conference: Radiofrequency catheter ablation in children with and without congenital heart disease. Report of the writing committee. *North American Society of Pacing and Electrophysiology. Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25:1000-17.
- Danford DA, Kugler JD, Deal B, Case C, Friedman RA, Saul JP, et al. The learning curve for radiofrequency ablation of tachyarrhythmias in pediatric patients. Participating members of the Pediatric Electrophysiology Society. *Am J Cardiol* 1995;75:587-90.
- Kugler JD, Danford DA, Houston KA, Felix G. Pediatric radiofrequency catheter ablation registry success, fluoroscopy time, and complication rate for supraventricular tachycardia: comparison of early and recent eras. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002;13:336-41.
- Lee SJ, Jung MJ, Kim SH, Schueller WC, Kim GH, Lee HS. Treatment of tachycardia by radiofrequency catheter ablation in children and adolescents. *J Korean Pediatr Soc* 2000;43:210-5.
- Ko JK, Park IS, Kim YH, Hong CY, Kim JJ. Early results of radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia in children. *J Korean Pediatr Soc* 1997;40:1258-64.
- Bae EJ, Ban JE, Lee JA, Jin SM, Noh CI, Choi JY, et al. Pediatric radiofrequency catheter ablation: results of initial 100 consecutive cases including congenital heart anomalies. *J Korean Med Sci* 2005;20:740-6.
- Bae EJ, Noh CI, Choi JY, Yun YS, Kim WH, Lee JR, et al. Twin AV node and induced supraventricular tachycardia in Fontan palliation patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 2005;28:126-34.
- Van Hare GF, Lesh MD, Stanger P. Radiofrequency catheter ablation of supraventricular arrhythmias in patients with congenital heart disease: results and technical considerations. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:883-90.
- Levine JC, Walsh EP, Saul JP. Radiofrequency ablation of accessory pathways associated with congenital heart disease including heterotaxy syndrome. *Am J Cardiol* 1993;72:689-93.
- Triedman JK, Bergau DM, Saul JP, Epstein MR, Walsh EP. Efficacy of radiofrequency ablation for control of intraatrial reentrant tachycardia in patients with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1032-8.
- Van Hare GF, Lesh MD, Ross BA, Perry JC, Dorostkar PC. Mapping and radiofrequency ablation of intraatrial reentrant tachycardia after the Senning or Mustard procedure for transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 1996;77:985-91.
- Triedman JK, Alexander ME, Berul CI, Bevilacqua LM, Walsh EP. Electroanatomic mapping of entrained and exit zones in patients with repaired congenital heart disease and intra-atrial reentrant tachycardia. *Circulation* 2001;103:2060-5.
- Ellenbogen KA, Wood MA. *Cardiac Pacing and ICDs*. Blackwell Publishing, 2005.
- Fortescue EB, Berul CI, Cecchin F, Walsh EP, Triedman JK, Alexander ME. Patient, procedural, and hardware factors associated with pacemaker lead failures in pediatrics and congenital heart disease. *Heart Rhythm* 2004;1:150-9
- Kavey REW, Gaum WE, Byrum CJ, Smith FC, Kveselis DA. Loss of sinus rhythm after total cavopulmonary connection. *Circulation* 1995;92 Suppl II:304-8.
- Durongpisitkul K, Porter CJ, Cetta F, Offord KP, Slezak JM, Puga FJ, et al. Predictors of early and late onset supraventricular tachyarrhythmias after Fontan operation. *Circulation* 1998;98:1099-107.
- Ragonese P, Drago F, Guccione P, Santilli A, Silveti MS, Agostino DA. Permanent overdrive atrial pacing in the

- chronic management of recurrent postoperative atrial tachycardia in patients with complex congenital heart disease PACE 1997;20:2917-23.
- 26) Kim SG, Hallstrom A, Love JC, Rosenberg Y, Powell J, Roth J, Brodsky M, et al. Comparison of clinical characteristics and frequency of implantable defibrillator use between randomized patients in the antiarrhythmics vs implantable defibrillators (AVID) trial and nonrandomized registry patients. Am J Cardiol 1997;80:454-7.
- 27) Alexander ME, Cecchin F, Walsh EP, Triedman JK, Bevilacqua LM, Berul CI. Implications of implantable cardioverter defibrillator therapy in congenital heart disease and pediatrics. J Cardiovasc Electrophysiol 2004;15:72-6.
- 28) Higgins SL, Hummel JD, Niazi IK, Giudici MC, Worley SJ, Saxon LA, et al. Cardiac resynchronization therapy for the treatment of heart failure in patients with intraventricular conduction delay and malignant ventricular tachyarrhythmias. J Am Coll Cardiol 2003;42:1454-9.
- 29) Young JB, Abraham WT, Smith AL, Leon AR, Lieberman R, Wilkoff B, et al. Multicenter in sync ICD randomized clinical evaluation (MIRACLE ICD) trial investigators. Combined cardiac resynchronization and implantable cardioversion defibrillation in advanced chronic heart failure: the MIRACLE ICD Trial. JAMA 2003;289:2685-94.
- 30) Stephenson EA, Cecchin F, Alexander ME, Triedman JK, Walsh EP, Berul CI. Relation of right ventricular pacing in tetralogy of Fallot to electrical resynchronization. Am J Cardiol 2004;93:1449-52.