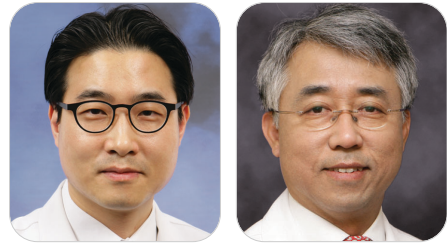


제세동기 환자에서 부적절한 전기충격을 감소시키는 방법



연세대학교 의과대학 내과학교실 심재민 / 이문형

Jae-Min Shim, MD / Moon-Hyoung Lee, MD, PhD

Division of Cardiology, Yonsei Cardiovascular Center and Cardiovascular Research, Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

How to reduce inappropriate shock

ABSTRACT

Implantable cardioverter-defibrillator (ICD) provides a significant reduction in mortality in survivors of sudden cardiac arrest and among patients at high risk for life-threatening arrhythmia. Despite proven survival benefits, ICD therapy still has drawbacks, one of the most important of which is shock delivered for causes other than ventricular tachycardia or fibrillation. Inappropriate use of shocks has multiple adverse effects, including impaired quality of life, psychiatric disturbances, and even provocation of ventricular arrhythmia. Systematic avoidance of inappropriate shocks is essential for maintaining the risk-benefit ratio in patients with ICD.

Key words: ■ implantable cardioverter-defibrillator ■ inappropriate therapy

서론

삽입형 제세동기(implantable cardioverter-defibrillator, ICD)는 심실빈맥(ventricular tachycardia)이나 심실세동(ventricular fibrillation)과 같은 치명적인 부정맥으로부터 소생한 환자들의 일차 예방이나 부정맥이 발생할 고위험군 환자에서 일차 예방으로 사용되며, 여러 무작위 연구에서 사망률의 감소효과가 증명되었다.¹⁻³ 최근 일차 예방으로 ICD를 삽입하는 환자가 늘어나면서 향후 ICD 시술은 빠른 속도로 늘어날 것으로 생각된다. 하지만 심실빈맥

이나 심실세동이 아님에도 불구하고 부적절한 전기충격(inappropriate shock)이 발생하는 것이 임상적으로 문제가 되고 있는데, 최근 보고에 의하면 5년 추적관찰에서 18%의 환자가 이러한 부적절한 전기충격을 경험하는 것으로 나타났다.⁴ 이는 환자에게 매우 고통스러운 경험일 뿐만 아니라 삶의 질 저하 및 사망률의 증가와도 관련있는 것으로 보고되고 있다.⁴⁻⁶

부적절한 전기충격의 원인

부적절한 전기충격의 원인은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 심실상성 빈맥(supraventricular tachycardia, SVT)이나 비지속성 심실빈맥(nonsustained ventricular tachycardia, NSVT)과 같은 부정맥과 연관된 것, 두 번째는 제세동기 발생기(generator)의 결함이나 전극유도(lead)의 sensing 오류 등 하드웨어에 의한 것, 그리고 세 번째는

Received: January 1, 2012

Revision Received: March 13, 2012

Accepted: March 30, 2012

Correspondence: Jae-Min Shim, MD / Moon-Hyoung Lee, MD, PhD, Division of Cardiology, Yonsei Cardiovascular Center and Cardiovascular Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea
Tel: 82-2-2228-8460, Fax: 82-2-393-2041, E-mail: mhlee@yuhs.ac

전자파 방해(electromagnetic interference, EMI)와 같은 환경적인 원인이다.

1. 부정맥과 연관된 문제들

심박수가 빠른 SVT는 부적절한 전기충격의 가장 흔한 원인이며, 이 중에서 심방세동이 가장 많은 원인을 차지한다.^{7,8} 심방세동은 cycle length가 불규칙한 것이 특징이며, 대부분의 단심방(single chamber) ICD는 이것을 이용하여 감별진단을 시행한다. 하지만 심방세동에서도 맥박수가 매우 빨라져서 cycle length의 변이가 작아지면 규칙적으로 보일 수 있고(pseudo-regular), 이로 인하여 부적절한 전기충격이 발생할 수 있다.

동성빈맥에 의한 부적절한 전기충격은 젊은 연령층의 환자에서 더 많으며 대부분의 경우에 맥박수가 서서히 증가하고 서서히 감소하므로 이러한 현상을 감별진단에 이용한다. 이밖에 갑작스런 시작과 규칙적인 심실 간격을 보이는 심방조동, 이소성 심방빈맥(ectopic atrial tachycardia), 방실결절 회귀성 빈맥(atrioventricular nodal reentrant tachycardia, AVNRT), 그리고 방실 회귀성 빈맥(atrioventricular reentrant tachycardia, AVRT) 등의 부정맥도 부적절한 전기충격을 유발할 수 있다. 하지만 단심방 ICD의 경우 감별진단에 상당한 어려움이 있고 대개 QRS morphology가 유일한 단서 역할을 하지만, 편위전도(aberrant conduction)가 있는 경우 감별진단이 현실적으로 불가능하다. 따라서 이러한 종류의 부정맥은 심방과 심실의 관계를 알 수 있는 dual chamber ICD가 감별진단에 중요한 정보를 제공해 준다.

2. 심실의 sensing 또는 전극유도와 연관된 문제들

다양한 원인에 의한 심실의 oversensing이 부적절한 치료(inappropriate therapy)를 유발할 수 있다. 전극유도에 문제가 없는 한 oversensing의 가장 중요한 원인은 T파의 oversensing과 QRS의 double sensing이다. T파의 oversensing은 비후성 심근증, 브루가다 증후군(Brugada-syndrome), 긴 QT 증후군(long QT syndrome) 환자에서 흔히 관찰되며, R파의 진폭(amplitude)이 낮아서 (<5 mV) 자동으로 민감도가 높게 조정될 때 T파가 R파로 감지되어 나타난다. 특히 운동 시, 고칼륨혈증, 고혈당 등의 상황에서 유발되기 쉽다. 여러 제조사에서 이러한 현상을 감소시키기

위한 특정한 programming (sensitivity adjustment start level, sensitivity decay or decay delay, blanking after pacing, higher ventricular tachycardia/ventricular fibrillation detection rate, more cycles 등)을 개발하였으나 무엇보다도 중요한 것은 처음 시술 당시 주의 깊게 전극유도의 삽입 위치를 잘 잡는 것이다.

QRS double sensing은 각차단(bundle branch block)이나 넓은 QRS를 가지는 환자들에서 QRS를 중복으로 인식하는 것이며, 대부분 심실을 감지한 뒤 blanking period를 길게 하거나 좁은 QRS duration을 보이는 부위(예를 들면, 심실 충격)에 심실 전극유도를 재위치시켜 해결할 수 있다.

전극유도와 관련된 문제는 박동기보다 ICD에서 더 많이 발생하며 가장 흔한 문제는 전극유도의 파쇄(fracture), 절연체 손상(insulation defect), dislodgement, loose set-screw 등이고, 이러한 것들은 모두 부적절한 전기충격을 유발할 수 있다. 이러한 문제를 예방하기 위해서는 제세동기를 삽입할 당시 쇄골하정맥보다는 요측피정맥(cephalic vein)을 사용하고 전극유도의 근위부에 급격한 경사(angulation)를 줄이도록 하는 것이 도움이 되며, screw type 전극유도는 dislodgement를 예방하는 데 효과적이다. 특히 전극유도의 문제는 육체적 활동이 왕성한 젊은 층에서 더 많이 일어나므로 이러한 환자들에서는 제세동기 시술 시 특별한 주의가 필요하다.

3. 전자파 방해

드물지만 EMI가 부적절한 전기충격을 일으킬 수 있다. 경피신경자극 치료와 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 피해야 하나 일반적으로 EMI에 의한 부적절한 전기충격은 연간 1% 미만이므로 환자가 지나치게 스트레스를 받지 않도록 잘 설명하는 것이 중요하다.

부적절한 전기충격의 치료

1. 부적절한 전기충격을 감소시키기 위한

ICD 프로그래밍

ICD 제조사들은 부적절한 전기충격을 피하기 위하여 많은 감별 기준(detection criteria)을 만들어 냈는데 단심방 ICD에서는 빈맥이 시작될 때 심박수의 증가 양상, 심실의

cycle length stability, 그리고 intracardiac QRS morphology 등을 이용하고, dual chamber ICD에서는 single chamber에서 사용되는 방법에 더하여 심방과 심실의 관계를 파악하여 감별진단에 이용한다.

2. 빈맥의 시작양상

동성빈맥과 심실빈맥을 감별하기 위하여 거의 모든 제세동기는 sudden onset 알고리즘을 가지고 있다. 동성빈맥의 경우에는 맥박수가 서서히 올라가지만 심실빈맥은 갑자기 맥박이 올라가는 현상을 이용한 이 알고리즘은 제조사에 따라 다르지만, cycle length가 선행하는 cycle length에 비하여 9% 이상 감소하는 것으로 보는 것이 대표적이다. 여러 연구에서 심실빈맥에 대한 민감도는 거의 100%로 유지하면서 동성빈맥은 효과적으로 감별해 내는 것으로 보고되었다.⁹ 하지만 onset criteria의 가장 큰 단점은 동성빈맥이 있는 상태에서 느린 심실빈맥이 나올 때 감별하기 어렵다는 것이다. 따라서 이 criteria는 morphology criteria와 함께 사용하는 것이 좋다.

3. 맥박주기의 안정성

심방세동의 경우 cycle length가 불규칙하고 변이가 크므로 심실빈맥과 심방세동을 감별하기 위해서 stability criteria가 유용하다. 하지만 이 기준도 심박수가 느릴 때는 감별진단이 정확하지만, 심박수가 빠른 경우 심방세동이라든 cycle length의 변이가 작아지므로 감별진단이 어려워지는 단점이 있다. Rate stability criteria에서 사용하는 cycle length의 차이값은 30~50 ms으로 다양하게 제시되고 있다. 이 criteria는 불규칙한 심실빈맥을 놓칠 수 있다는 논란이 있지만 이러한 빈맥은 실제로는 매우 드물고 95% 이상에서 심방세동을 감별해 낼 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁻¹²

4. 전기도의 형태

Morphology를 이용한 감별은 동율동(sinus rhythm)일 때 정상적인 전도도를 타고 내려온 전기도(electrogram)와 심실빈맥 시 전기도의 모양이 다른 것을 이용하는 것이다. 이러한 알고리즘으로 빈맥이 있을 때 얻어진 전기도와 동율동

일 때 저장된 전기도를 비교하여 감별하며, 이러한 프로그래밍은 심실빈맥과 SVT의 감별에 매우 유용한 것으로 보고되었다.¹³

5. 심방과 심실의 관계

Dual chamber ICD는 심방의 전기적 신호를 같이 분석할 수 있는 장점이 있다. 간단히 심실의 맥박수와 심방의 맥박수를 비교하여 심실의 맥박수가 더 큰 경우를 분석하면 대부분의 SVT와 심실빈맥을 적절히 감별할 수 있다. 하지만 이러한 기준은 실방전도(VA conduction)가 있어 심실과 심방이 1:1의 관계를 갖는거나 심방세동과 심실빈맥이 같이 있는 경우에는 감별이 어려워진다. 이를 극복하기 위해서 여러 제조사들에서 다양한 알고리즘을 개발하여 적용하고 있다.^{14, 15}

이론적으로 dual chamber ICD가 부적절한 전기충격을 감소시키기 위한 감별진단에 더 도움이 될 것으로 생각되지만, 몇가지 무작위 연구 결과 단심장 ICD에 비하여 우월성을 보이지 않았다.^{4, 16, 17} 더 많은 환자를 대상으로 한 무작위 연구에서 dual chamber ICD가 inappropriate detection를 약 50% 감소시켰다는 보고가 있으나,⁸ 단심장 ICD의 적응증이 되는 환자에서 부적절한 전기충격을 줄이기 위하여 dual chamber를 사용해야 하는지에 대해서는 아직까지 이견이 있는 상태이다. 심실빈맥과 SVT의 감별진단에 있어서 dual-chamber ICD가 단심장에 비해서 더 우월하지 못했던 가장 큰 이유는 심방의 sensing 문제(lead dislodgement, far-field oversensing, undersensing during atrial fibrillation)가 많다. 따라서 dual chamber ICD로 감별진단을 제대로 하기 위해서는 심방 전극유도의 optimal sensing이 매우 중요하다. Optimal sensing을 위해서 sensing threshold를 낮게 잡고(≤ 0.3 mV), far-field ventricular signal을 oversensing하는 것을 예방해야 하는데, 이를 위하여 심방 전극유도를 우심방의 high lateral position에 두면 도움이 된다는 보고가 있다.¹⁸

6. 기타 설정

Pain FREE Rx II 연구 결과, 심실빈맥과 SVT를 감별하는 기능은 모든 VT zone에 적용하고 shock therapy만 나가는 VF zone은 가능한 높게(예를 들면, 분당 250회 이상)

적용하는 것이 적절한 전기충격과 부적절한 전기충격을 감소시키는 것으로 보고되었다.¹⁹ 많은 제세동기가 ‘safety feature’라는 기능을 제공하는데 이것은 빈맥이 정해진 시간 이상으로 지속되면 심실빈맥과 SVT의 감별진단을 중단하고 맥박수에 따라서 충격을 내보내는 것이다. 기본 설정이 30초로 되어있는 경우가 많으나 부적절한 전기충격을 감소시키기 위해서는 이 기능을 불활성화시키거나 2~3분까지 늘려놓는 것이 도움이 된다. 또한 빈맥의 진단을 위하여 필요한 cycle 수를 연속 18 cycles 이상으로 하거나 비연속 24 cycle 중 18 cycles 이상으로 하는 것이 부적절한 심실빈맥 진단을 피할 수 있다.

7. 부적절한 ICD 전기충격을 줄이기 위한 약물 치료

동성빈맥의 경우에는 베타차단제가 부적절한 전기충격을 감소시키며, 심방세동의 경우에는 방실결절을 차단하는 약제(베타차단제, 칼슘채널차단제)와 digoxin을 이용하여 맥박수를 낮추는 것이 도움이 되고 항부정맥제를 사용하거나 전극도자 절제술을 통하여 동율동을 유지하는 것을 고려할 수 있다. 한편, ICD를 시술받는 환자들은 심부전 또는 관상동맥 질환을 가지는 경우가 많고 이러한 원인 질환이 악화되었을 때 심방세동과 같은 SVT나 심실의 oversensing같은 문제가 더 쉽게 일어날 수 있으므로 베타차단제나 안지오텐신 전환효소(ACE) 억제제 또는 안지오텐신 수용체 길항제(ARB)를 이용하여 심부전이나 관상동맥질환에 대한 충분한 약물 치료를 하는 것도 부적절한 전기충격을 예방하기 위해서 도움이 된다.

결론

치명적인 심실부정맥에 대한 충분한 민감도를 가지면서 부적절한 전기충격을 감소시키는 것은 환자의 생존기간을 늘리고 삶의 질을 향상시키기 위해서 매우 중요하다. 부적절한 전기충격을 예방하기 위해서는 주의 깊은 ICD 삽입 시술, 이상적인 ICD 프로그래밍과 함께 적절한 약물 치료가 필수적이라고 할 수 있으며, 부적절한 전기충격이 발생하였을 경우에는 문제점이 무엇인지를 세심히 찾고 이를 해결하기 위한 노력을 게을리하지 않는 것이 무엇보다 중요하다.

References

1. A comparison of antiarrhythmic-drug therapy with implantable defibrillators in patients resuscitated from near-fatal ventricular arrhythmias. The Antiarrhythmics versus Implantable Defibrillators (AVID) Investigators. *N Engl J Med.* 1997;337:1576-1583.
2. Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, Klein H, Wilber DJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, Brown MW, Andrews ML. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med.* 2002;346:877-883.
3. Bardy GH, Lee KL, Mark DB, Poole JE, Packer DL, Boineau R, Domanski M, Troutman C, Anderson J, Johnson G, McNulty SE, Clapp-Channing N, Davidson-Ray LD, Fraulo ES, Fishbein DP, Luceri RM, Ip JH. Amiodarone or an implantable cardioverter-defibrillator for congestive heart failure. *N Engl J Med.* 2005;352:225-237.
4. van Rees JB, Borleffs CJ, de Bie MK, Stijnen T, van Erven L, Bax JJ, Schalij MJ. Inappropriate implantable cardioverter-defibrillator shocks: incidence, predictors, and impact on mortality. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57:556-562.
5. Schron EB, Exner DV, Yao Q, Jenkins LS, Steinberg JS, Cook JR, Kutalek SP, Friedman PL, Bubien RS, Page RL, Powell J. Quality of life in the antiarrhythmics versus implantable defibrillators trial: impact of therapy and influence of adverse symptoms and defibrillator shocks. *Circulation.* 2002;105:589-594.
6. Poole JE, Johnson GW, Hellkamp AS, Anderson J, Callans DJ, Raitt MH, Reddy RK, Marchlinski FE, Yee R, Guarnieri T, Talajic M, Wilber DJ, Fishbein DP, Packer DL, Mark DB, Lee KL, Bardy GH. Prognostic importance of defibrillator shocks in patients with heart failure. *N Engl J Med.* 2008;359:1009-1017.
7. Klein RC, Raitt MH, Wilkoff BL, Beckman KJ, Coromilas J, Wyse DG, Friedman PL, Martins JB, Epstein AE, Hallstrom AP, Ledingham RB, Belco KM, Greene HL. Analysis of implantable cardioverter defibrillator therapy in the Antiarrhythmics Versus Implantable Defibrillators (AVID) Trial. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2003;14:940-948.
8. Friedman PA, McClelland RL, Bamlet WR, Acosta H, Kessler D, Munger TM, Kavesh NG, Wood M, Daoud E, Massumi A, Schuger C, Shorofsky S, Wilkoff B, Glikson M. Dual-chamber versus single-chamber detection enhancements for implantable defibrillator rhythm diagnosis: the detect supraventricular tachycardia study. *Circulation.* 2006;113:2871-2879.
9. Weber M, Bocker D, Bansch D, Brunn J, Castrucci M, Gradaus R, Breithardt G, Block M. Efficacy and safety of the initial use of stability and onset criteria in implantable cardioverter defibrillators. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1999;10:145-153.
10. Kettering K, Dornberger V, Lang R, Vonthein R, Suchalla R, Bosch RF, Mewis C, Eigenberger B, Kuhlkamp V. Enhanced detection criteria in implantable cardioverter defibrillators: sensitivity and specificity of the stability algorithm at different

- heart rates. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2001;24:1325-1333.
11. Schaumann A, von zur Muhlen F, Gonska BD, Kreuzer H. Enhanced detection criteria in implantable cardioverter-defibrillators to avoid inappropriate therapy. *Am J Cardiol.* 1996;78:42-50.
 12. Brugada J, Mont L, Figueiredo M, Valentino M, Matas M, Navarro-Lopez F. Enhanced detection criteria in implantable defibrillators. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1998;9:261-268.
 13. Swerdlow CD, Brown ML, Lurie K, Zhang J, Wood NM, Olson WH, Gillberg JM. Discrimination of ventricular tachycardia from supraventricular tachycardia by a downloaded wavelet-transform morphology algorithm: a paradigm for development of implantable cardioverter defibrillator detection algorithms. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2002;13:432-441.
 14. Korte T, Jung W, Wolpert C, Spehl S, Schumacher B, Esmailzadeh B, Luderitz B. A new classification algorithm for discrimination of ventricular from supraventricular tachycardia in a dual chamber implantable cardioverter defibrillator. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1998;9:70-73.
 15. Wilkoff BL, Kuhlkamp V, Volosin K, Ellenbogen K, Waldecker B, Kacet S, Gillberg JM, DeSouza CM. Critical analysis of dual-chamber implantable cardioverter-defibrillator arrhythmia detection : results and technical considerations. *Circulation.* 2001;103:381-386.
 16. Theuns DA, Klootwijk AP, Goedhart DM, Jordaens LJ. Prevention of inappropriate therapy in implantable cardioverter-defibrillators: results of a prospective, randomized study of tachyarrhythmia detection algorithms. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:2362-2367.
 17. Kolb C, Deisenhofer I, Schmieder S, Barthel P, Zrenner B, Karch MR, Schmitt C. Long-term follow-up of patients supplied with single-chamber or dual-chamber cardioverter defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2006;29:946-952.
 18. Israel CW, Gronefeld G, Iscolo N, Stoppler C, Hohnloser SH. Discrimination between ventricular and supraventricular tachycardia by dual chamber cardioverter defibrillators: importance of the atrial sensing function. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2001;24:183-190.
 19. Wathen M. Implantable cardioverter defibrillator shock reduction using new antitachycardia pacing therapies. *Am Heart J.* 2007;153:44-52.