섬유속 심실빈맥

심재민

고려대학교 의과대학 내과학교실

Fascicular Ventricular Tachycardia

Jaemin Shim

Division of Cardiology, Korea University Anam Hospital,
Seoul, Korea

ABSTRACT

Fascicular ventricular tachycardia (fascicular VT) is the most common idiopathic VT of the left ventricle. It presents with a right bundle branch block morphology and predominantly left axis deviation. Most of the available evidence supports the origin of fascicular VT as localized reentry circuits located close to the fascicle of the left bundle branch. During VT, the antegrade limb of the reentry circuit is the abnormal tissue in the left ventricular septum that is associated with slow and decremental conduction with verapamil sensitivity while the retrograde limb is usually the posterior fascicle forming the fast conduction zone. Catheter ablation is a highly effective therapy with long-term success rates of 90% and a low incidence of complications. Most of the fascicular VTs can be ablated during tachycardia by targeting the pre-Purkinje potential or Purkinje potential sites.

Received: November 10, 2015
Accepted: December 15, 2015
Correspondence: Jaemin Shim, MD
Division of Cardiology, Korea University Anam Hospital, 73 Incheon-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea, 136-705
Tel: 82-2-920-5445, Fax 82-2-927-1478
E-mail: jaemins@korea.ac.kr

Copyright © 2015 The Official Journal of Korean Heart Rhythm Society Editorial Board & MMK Co., Ltd.

Key Words: ■ Fascicular ■ Ventricular Tachycardia ■ Catheter Ablation
■ Verapamil

서론

섬유속 심실빈맥(fascicular ventricular tachycardia, fascicular VT)은 좌심실에서 발생하는 가장 흔한 특발성 심실빈맥으로 Zipes 등에 의해 1979년에 처음 보고되었으며, verapamil에 의해 쉽게 종료되어 verapamil 민감성 심실빈맥(verapamil sensitive ventricular tachycardia)이라고도 부른다.

우각차단을 보이고, 젊은 남성에서 주로 발생하며, 비교적 좁은 QRS complex를 보이면서 verapamil에 반응하기

때문에 편위전도(aberrant conduction)를 보이는 상심실성 빈맥으로 오인하기 쉽다. 본 글에서는 섬유속 심실빈맥의 특징 및 전극도자절제술에 대하여 알아보도록 하겠다.

빈맥의 기전

섬유속 심실빈맥의 기전은 회귀(reentry)이다. 많은 연구를 통해서 좌후섬유속(left posterior fascicle, LPF)이 회귀 회로의 한 축을 형성하고, 느린 전도 속도와 감쇠 전도(decremental conduction)를 보이는 비정상적인 Purkinje

Figure 1. The reentrant circuit of fascicular ventricular tachycardia (VT). Anterograde conduction proceeds from basal to apical sites through abnormal verapamil-sensitive Purkinje tissue and generate the pre-Purkinje potential (pre-PP, P1). Reentry of the pre-PP from the site of the one-third of the inferior septal ventricular wall leads to retrograde conduction, generating Purkinje potential (PP, P2).

조직이 다른 한 축을 형성하는 작은 대회기 회로가 심실빈맥의 기전으로 생각되고 있다.² 느린 전도 속도를 보이는 부위의 입구는 좌심실 중격의 기저부에 위치해 있으며, 여기에서 비정상적인 Purkinje 조직을 따라 전기 전도가 침부를 향해서 일어나서 전방향 축을 형성하고, 좌심실의 하부 3분의 1에서 회귀점을 형성하여 LPF를 따라서 역방향 전도가 일어나 역방향 축을 형성한다(Figure 1). 이 회귀점에서 빈맥 회로의 출구가 형성되며, 상부 회귀점은 좌각의 주 줄기(main trunk) 근처에 위치하게 된다. 회귀 회로의 입구와 출구 사이의 거리는 약 2 cm로 알려져 있고, 느린 전도를 보이는 비정상적인 Purkinje 조직이 verapamil에 잘 반응하여 빈맥이 느려지거나 종료되게 된다.³

전기생리학 검사의 특성

심전도는 특징적으로 우각차단(right bundle branch block, RBBB)과 좌측편위(left axis deviation)를 보인다. 섬유속에서

발생하기 때문에 구조적 심질환이 동반된 심실빈맥에 비해 QRS duration이 상대적으로 좁으며(<140~150 msec) QRS의 시작부터 S와 종점까지의 길이가 짧다(60~80 msec). 크게 3가지 유형으로 분류할 수 있는데, (1) RBBB와 superior axis를 보이는 좌후섬유속 심실빈맥(Figure 2)이 가장 흔한 유형으로 90% 이상을 차지하며, (2) RBBB와 우측편위(right axis deviation)를 보이는 좌전섬유속 심실빈맥이 10% 정도에서 관찰되고, (3) 정상 QRS와 axis를 보이는 중격 상부(upper septal) 섬유속 심실빈맥은 매우 드물게 발생하는 것으로 알려져 있다.⁴

섬유속 심실빈맥의 기전은 회귀이기 때문에 심방 또는 심실의 조율(pacing)과 외부자극에 의해 잘 유발된다. 섬유속 심실빈맥이 1:1 심실-심방전도(VA conduction)를 보이는 경우, verapamil에 의해서 종료되고 심방의 조율을 통해 유도되기 때문에 편위전도를 보이는 상심실성 빈맥으로 오인될 수 있다. 하지만 섬유속 심실빈맥의 경우 His가 회귀 회로에 포함되지 않기 때문에 역행성 His 전위는 가장 빠른

Figure 2. Typical electrocardiogram (ECG) morphology of fascicular ventricular tachycardia (VT) demonstrating right bundle branch block (RBBB) and left axis deviation.

심실의 활성화보다 20–40 msec 뒤에 기록된다. 따라서 상심실성 빈맥의 경우에는 HV 간격이 동율동인 경우와 같거나 약간 긴 반면, 심실빈맥의 경우에는 동율동보다 짧거나 음의 수치를 보여 두 가지를 감별할 수 있다.

Purkinje 전위(Purkinje potential, PP 또는 P2)는 가장 빠른 심실의 활성화보다 15–42 msec 선행하는 별개의 고주파 전위며, 동율동일 때와 심실빈맥일 때 모두 좌심실 중격의 후방 3분의 1에서 기록된다. 이 전위는 동율동일 때도 심실의 활성을 선행하기 때문에 LPF의 일부에서 기원하는 것으로 추정되며, 심실빈맥 동안 회귀 회로의 역방향 축을 형성하고, 가장 빠른 심실의 활성화 부위는 가장 빠른 PP가 기록되는 부위보다 첨부 쪽에서 관찰된다.

늦은 이완기 전위(late diastolic potential, pre-PP 또는 P1)는 심실빈맥 동안에 PP를 선행하는 별개의 전위이며, 비정상적인 Purkinje 조직의 입구에서 기원하여 회귀 회로의 전방향 축을 형성한다고 생각된다. 이 전위는 PP와 달리 비교적 낮은 진폭(amplitude)과 저주파를 가지며, 매우 작은

영역(0.5–1.0 cm²)에서만 기록된다. Pre-PP는 가장 빠른 PP가 기록되는 부위보다 근위부에서 나타나며, 기저부에서 첨부 방향으로 전파되어 PP가 기록되는 부위에서 QRS의 시작과 비교하여 pre-PP → PP → 심실의 순서로 활성화된다.³

동율동에서는 LPF를 따라 기저부에서 첨부로 전도가 일어나서 PP가 나타나고 심실이 활성화 된다. 동시에 비정상적인 Purkinje 조직을 통해서 전방향으로 느리게 전도가 일어나고, LPF를 통해서 빠르게 내려온 파면(wavefront)이 역방향으로 전도된다. 두 파면이 fusion되어 심실의 electrogram에 묻히게 되거나, 뒤따라 나오는 전위를 확인할 수 있고, 이것이 심실빈맥 동안의 pre-PP로 나타나게 된다.

심실빈맥 동안에는 비정상적인 Purkinje 조직을 통해 기저부에서 첨부 쪽으로 전방향 전도되어 pre-PP를 만들게 되며, 가장 빠른 pre-PP는 기저부 쪽에서, 가장 느린 pre-PP는 첨부 쪽에서 관찰된다. 전기 전도는 중격의 하부 3분의 1 지점에서 회귀하여 역방향으로 LPF를 따라 올라가서 역방향

Figure 3. Catheter ablation of fascicular ventricular tachycardia (VT). (A) Mapping during VT, ventriculoatrial (VA) dissociation demonstrate the Purkinje potential (PP) recorded at the site of catheter ablation (ABLd, red arrow) and its progression from the apical to the basal site (blue arrow). (B) Mapping during VT, VA dissociation demonstrates the pre-Purkinje (Pre-PP) potential recorded at the site of catheter ablation (ABLd, red arrow).

ABL d, distal ablation; ABL p, proximal ablation; His d, distal His bundle; His p, proximal His bundle; HRA, high right atrium; LRA, low right atrium; RVA, right ventricular apex; CSd, distal coronary sinus; CSp, proximal coronary sinus.

PP를 만들고, 전방향 파면은 내려가서 후방 중격의 심근을 활성화시킨다. 역방향으로 LPF를 따라서 올라간 전기 전도는 좌각의 주 줄기 근처에서 회귀하여 회귀 회로를 형성하는 것으로 생각되고 있다(Figure 1). 하지만 최근 Morishima 등이 LPF가 심실빈맥 회귀 회로에 포함되지 않은 경우를 보고하여 역방향 축은 좌심실 중격의 심근 자체이고, PP는 bystander일 가능성도 제시되었다.

전극도자절제술

전극도자절제술의 이상적인 위치는 심실빈맥의 기전에 대한 이해가 깊어지면서 발전해 왔다. 초기에는 심실의 활성화가 가장 빠르면서 pacemap에서 가장 유사한 모양을 보이는 부위가 가장 좋은 목표 지점이라고 하였으나 이후 Nakagawa 등은 가장 빠른 PP가 보이는 좌심실 중격의 후방 3분의 1 부위(회귀 회로의 하부 회귀점)를 이상적인 목표 지점으로 보고하였다.⁶ PP가 QRS 기시부 보다 30-40 msec 빨리 기록되는 부위에서 성공적인 절제술이 이루어졌으며, 이 부위는 가장 빠른 심실의 활성화를 보이는 부위(회귀 회로의 출구)보다 기저부에 위치한다(Figure 3A). 이후 Nogami 등은³ 심실빈맥 동안에 기록되는 pre-PP가 성공적인 절제술의 목표 지점이라고 보고하였고(Figure 3B), 현재는 좌심실 중격의 중간 또는 첨부에서 가장 빠른 PP와 pre-PP가 기록되는 부위를 절제술의 목표 지점으로 하는 것이 일반적이다. 이 위치에서 entrainment mapping을 하면 concealed fusion을 보이고, 빠르게 조율할수록 pre-PP 간격이 점차 늘어나게 된다. 한 가지 주의할 점은 가장 빠른 pre-PP 즉, 가장 근위부의 pre-PP를 절제해야만 하는 것은 아니라는 점이다. 가장 빠른 pre-PP보다 원위부의 신호를 절제하여도 성공할 수 있고 좌각에 손상을 주는 것을 예방할 수 있다. Pre-PP를 찾을 수 없는 경우에는 가장 빠른 심실의 활성화를 보이면서 PP가 보이는 부위를 절제하여도 좋은 결과를 얻을 수 있다.

절제술은 보통 retrograde transaortic approach를 통하여 4 mm tip catheter를 사용하여 시행하고, 하첨부의 심실중격에서 mapping을 해보고 이상적인 부위를 찾을 수 없을 경우 기저부 쪽으로 이동한다. 목표 지점을 찾으면 20-35 W로 약 20초간 절제를 시도하고, 심실빈맥이 종료되거나 느려지면 추가적으로 60-120초간 절제를

시행하며, 필요에 따라 온도가 50°C 이상 오르도록 파워를 40 W까지 증가시킨다. 50 W 이상의 에너지가 필요하거나 irrigated tip catheter를 이용해야 되는 경우는 거의 없다.

성공적인 절제술 이후에는 동율동에서 pre-PP가 QRS complex 뒤에 나타난다. 시술의 성공률은 90% 이상이며, 재발률은 7-10%로 알려져 있고 합병증은 드물지만 섬유속 차단(fascicular block), 좌각차단, 심낭압전(cardiac tamponade), 대동맥판 역류, 승모판 역류 등이 생길 수 있다.

심실빈맥이 잘 유발되는 경우는 위에 기술한 대로 mapping을 하여 절제 할 수 있지만, 처음부터 잘 유발되지 않는 경우도 있고, catheter에 의한 기계적 충격으로 갑자기 유발이 되지 않는 경우도 발생한다. 이러한 경우에는 substrate mapping을 해서 절제술을 시행할 수 있다. 두 가지 접근 방법이 있는데, 하나는 동율동에서 대개 PP의 15-45 msec 뒤에 나타나는 가장 빠른 pre-PP를 찾아서 절제하는 것이고, 다른 하나는 해부학적으로 중간에서부터 원위부의 LPF에 수직으로 linear 절제술을 시행하는 것이다.⁷

결론

섬유속 심실빈맥은 좌심실에서 기원하는 가장 흔한 특발성 심실빈맥이며 섬유속을 포함한 조직에서의 회귀 기전에 의해 발생하는 것으로 생각된다. 대부분의 경우 심실빈맥 동안의 pre-PP와 PP가 보이는 부위를 찾아서 성공적으로 전극도자절제술을 시행할 수 있으며, 빈맥이 잘 유발되지 않는 경우에도 동율동에서 pre-PP를 찾거나 해부학적으로 LPF를 절제하여 치료할 수 있다.

References

- 1) Zipes DP, Foster PR, Troup PJ, Pedersen DH. Atrial induction of ventricular tachycardia: reentry versus triggered automaticity. *Am J Cardiol.* 1979;44:1-8.
- 2) Nogami A. Idiopathic left ventricular tachycardia: assessment and treatment. *Card Electrophysiol Rev.* 2002;6:448-457.
- 3) Nogami A, Naito S, Tada H, Taniguchi K, Okamoto Y, Nishimura S, Yamauchi Y, Aonuma K, Goya M, Iesaka Y, Hiroe M. Demonstration of diastolic and presystolic Purkinje potentials as critical potentials in a macroreentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol.*

2000;36:811-823.

- 4) Nogami A. Purkinje-related arrhythmias part I: monomorphic ventricular tachycardias. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2011;34:624-650.
- 5) Morishima I, Nogami A, Tsuboi H, Sone T. Negative participation of the left posterior fascicle in the reentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2012;23:556-559.
- 6) Nakagawa H, Beckman KJ, McClelland JH, Wang X, Arruda M, Santoro I, Hazlitt HA, Abdalla I, Singh A, Gossinger H, Sweidan R, Hirao K, Widman L, Pitha JV, Lazzara R, Jackman WM. Radiofrequency catheter ablation of idiopathic left ventricular tachycardia guided by a Purkinje potential. *Circulation.* 1993;88:2607-2617.
- 7) Lin D, Hsia HH, Gerstenfeld EP, Dixit S, Callans DJ, Nayak H, Russo A, Marchlinski FE. Idiopathic fascicular left ventricular tachycardia: linear ablation lesion strategy for noninducible or nonsustained tachycardia. *Heart Rhythm.* 2005;2:934-939.