대한내과학회지: 제 90 권 제 3 호 2016 http://dx.doi.org/10.3904/kjm.2016.90.3.206

빈맥성 부정맥의 전극도자절제술

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 순환기내과

온 영 근

Radiofreqeuncy Catheter Ablation for Tachyarrhythmia

Young Keun On

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Radiofrequency (RF) refers to the portion of the electromagnetic spectrum in which electromagnetic waves can be generated by feeding an alternating current to an antenna. RF energy is electrically conducted, not radiated, during catheter ablation, and RF rarely induces rapid polymorphic arrhythmias. When using RF to measure lesion size in a steady state, the lesion size is proportional to the temperature measured at the tissue-electrode interface and the RF power amplitude. Focal ablation using RF is the treatment of choice for all supraventricular tachyarrhythmias, including AV nodal reentry, tachycardias with concealed accessory pathways, incessant automatic atrial tachycardia, isthmus dependent atrial flutter, and other macroreentrant atrial tachycardias. The isolation of pulmonary veins by RF energy has been successful for paroxysmal atrial fibrillation. (Korean J Med 2016;90:206-209)

Keywords: Catheter ablation; Tachyarrhythmia

서 론

전극도자절제술은 다양한 에너지를 사용하여 빈맥성 부정맥을 일으키는 방실부전도로, 방실전도로의 일부, 또는 심방 또는 심실 등의 심근조직을 절제시킴으로 부정맥을 완치 내지 조절하는 치료법이다[1]. 전극도자절제술이 안전하며 높은 성공률로 부정맥 치료에 널리 이용되기 시작한 것은 라디오주파전류를 에너지원으로 사용한 1980년대 후반부터이다. 라디오주파전류는 균일한 심근조직괴사를 일으켜 심실세동과 같은 심각한 부정맥을 발생시키지 않아 안전하며 효과적으로 사용할 수 있다. 현재 전극도자절제술의 에너지원으로는 라디오주파전류가 가장 많이 사용되고 있다. 상심실성 부정맥의 전극도자절제술의 성공률은 95% 이상으로 매우 높으며 시술의 안정성도 비교적 높고 성공하는 경우 완치가 되어 약물 치료와 비교하여 증상을 호전시키며 삶의 질을 향상시키는데 더욱 우수한 장점이 있다. 현재 전극도자절제술은 환자의 나이가 젊거나, 부정맥으로 인한 증상이 심하거나, 부정맥의 발작이 빈번하거나, 약물복용에 따르는 불편함이나 부작용으로 장기간의 항부정맥제 복용이 어려운 환자에게 특히 추천된다[2,3].

Correspondence to Young Keun On, M.D., Ph.D.
Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, 81 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea
Tel: +82-2-3410-3419, Fax: +82-2-3410-3849, E-mail: yk.on@samsung.com

Copyright © 2016 The Korean Association of Internal Medicine
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

고주파전극도자절제술

라디오주파전류는 교류전기로 주파수는 30 KHz에서 300 MHz인데 전극도자절제술에서는 300-1,000 KHz의 고주파전류를 사용한다. 라디오주파전류는 전극도자 끝부분과 피부(팔, 허벅다리, 혹은 등)에 부착한 전극패드(indifferent lead) 사이에 단극(unipolar)형으로 투여된다. 전극도자 끝부분의 표면적은 전극패드보다 아주 작으므로 전극도자로부터 심장조직을 통하여 전극패드로 흐르는 라디오주파전류는 전극도자-조직 접촉부위에서 resistive heating에 의한 열을 발생시켜 조직괴사가 일어나게 한다. 전류 투여 후 전극도자 끝부분과 접촉한 표면 심근조직온도는 수 초(약 7-8초) 내에 상승하나 깊은 조직온도는 1-2분에 걸쳐 서서히 증가한 후 평형 상태가 된다. 충분한 조직괴사가 발생하기 위해서는 전극도자-조직 간의 접촉이 적절해야 하며 충분한 전류량으로 조직온도가 60℃ 이상으로 30-60초 동안 유지되어야 한다. 전극도자절제술시 조직 온도가 상승하게 되는데 이에 따른 조직 변화가 발생하게 된다. 조직온도가 40-50℃가 되면 탈수 및 단백질변성이 발생하기 시작하며, 50-70℃가 되면 비가역적인 단백질변성 및 혈전이 형성되고, 70-100℃가 되면 응괴(coagulum)가 형성되어 임피던스(impedance)를 높이고 조직으로의 전류량이 감소하게 된다. 응괴는 혈액의 비등(boiling)으로 생성된 섬유소, 혈소판, 기타 혈액 및 조직의 덩어리이다. 조직온도가 100℃를 넘으면 전극도자-조직의 접촉부위가 타게 되어 탄소화나 응괴가 형성되어 전극도자의 임피던스는 급격히 상승하고 심장내 심초음파에 마이크로버블(미세기포)이 나타난다. 라디오주파전류 투여 직후 출혈을 동반한 균일성 조직괴사가 발생하며, 이후 괴사된 조직은 섬유화된다. 전극도자-조직접촉의 심내막조직괴사는 초기에 일찍 형성됨으로 크기가 작고 심근내 조직괴사는 서서히 괴사가 발생되고 심내막조직괴사보다 커서 괴사된 조직은 눈물방울모양(teardrop-shaped)이 된다. 라디오주파전류에 의한 조직괴사는 평균 5 mm (길이) × 5 mm (폭) × 3 mm (깊이) 정도의 크기이며, 정상조직과 경계가 뚜렷하고 균일성 괴사를 형성한다.

헤파린 사용

전극도자절제술로 인한 혈전색전증의 발생률은 약 0.6%이다. 혈전색전증은 특히 좌측심장에서의 절제술(1.8-2.0%)과 심실빈맥(2.8%)에서 발생률이 높으나 온도감지형 절제술이나 항응고제사용으로 과거보다 많이 감소하였다. 헤파린은 가장 널리 사용되는 항응고제로 특히 좌측심장의 전극도자절제술에서 사용한다. 좌측 심장의 전극도자절제에서는 헤파린 5,000 units를 정주한 후 매시간 1,000 units를 주사하며 심방세동의 전극도자절제술인 경우 activated clotting time (ACT)이 300초 이상을 유지하도록 헤파린을 투여한다. 심방세동이나 심방조동 환자에서 전극도자절제술을 시행할 때 항응고제(와파린)는 체외심율동전환에서와 같이 international normalized ratio (INR)를 2-3으로 하여 6-8주간 투여하고 시술 전까지 유지한다. 시술 전날 경식도 심초음파도를 시행하여 좌심방의 혈전 여부를 조사한다.

합병증

합병증으로 영구형 심장박동기가 필요한 방실차단(1-2%), 뇌졸중, 전신색전증 및 폐색전증을 포함하는 혈전색전증(1% 미만), 출혈, 감염, 혈종 및 혈관손상을 포함하는 혈관침투에 따르는 합병증(2-4%), 심근관통, 심낭압진, 심근경색 및 판막손상을 포함하는 심장외상(1-2%) 등이 있다. 완전방실차단은 방실결절회귀빈맥이나 전중격부 방실부전도로의 전극도자절제술시 주로 발생하며 혈심낭, 뇌색전증, 심정지 등으로 사망(0.1-0.3%)할 수도 있다.

방실결절 및 방실 회귀성 빈맥

전기생리검사를 통해 임상적으로 기록된 빈맥을 유발하여 기전을 확인하고 방실결절 회귀성 빈맥(atrioventricular nodal reentrant tachycardia, AVNRT), 방실 회귀성 빈맥(atrioventricular reentrant tachycardia, AVRT), 심방조동, 심방빈맥 등을 진단한다. 방실결절 회귀성 빈맥은 완속 전도로의 절제가 완전방실차단의 위험이 낮고(1% vs. 8%) PR 간격의 연장으로 인한 혈역학적 부작용이 없으므로 우선 시행하며 일반적으로 관정맥동 입구와 삼첨판막륜 사이의 우심방 후중격 부위를 절제한다. 방실 회귀성 빈맥(AVRT)는 정상 방실륜(atrioventricular annulus)은 방실 사이에서 절연체 역할을 하는데 심장이 발생할 때 삼첨판막륜이나 승모판막륜(대동맥과 연접하는 부위는 제외)에 결함(defect)이 생기면, 방실결절 외에도 이 부위를 통해 방실전도가 가능해지고 이를 부전도로(accessory pathway) 혹은 우회로(bypass tract)라 칭하며 심근다발(cardiac muscle bundle)로 이루어져 있어 삼첨판막륜이나 승모판막륜의 우회

로 부위를 찾아 절제한다. 전극도자절제술은 치료 성공률은 90% 이상, 재발률 5% 미만, 주요 부작용 1% 미만으로 안전하고 효과적인 방법이다.

심방빈맥과 심방조동

심방빈맥은 국소성(focal) 심방빈맥과 큰 회귀성(macro-reentrant) 심방빈맥으로 나눌 수 있다. 국소성 심방빈맥의 경우, 심방의 어느 한 지점에서 퍼져나가는 활성화 형태를 취하게 되고 활성화가 빈맥의 전 순환주기(cycle length) 동안 이루어지지 않는 특징이 있다. 이에 반하여 큰 회귀성 심방빈맥의 경우, 전기적 활성화가 빈맥의 전 순환주기에 걸쳐 반복적으로 나타나는 특징이 있고, 이러한 현상이 심전도 상에 흔히 심방조동으로 나타나지만 일부 큰 회귀성 심방빈맥은 심방조동보다는 심방빈맥의 형태로 나타나는 경우도 있다. 따라서 심방조동은 큰 회귀성 심방빈맥의 가장 흔한 형태라고 볼 수 있다. 또한 국소성 심방빈맥을 흔히 협의의 심방빈맥으로 부르며, 국소성 심방빈맥의 기전은 다시 자동능(automaticity), 방아쇠작용(triggered activity), 작은 회귀성(micro-reentrant) 기전으로 나눌 수 있다.

국소성 심방빈맥의 경우에는 약물로 조절되지 않는 심방빈맥에서 전극도자절제술이 효과적인 치료법으로, 적절한 치료를 위해서는 정확한 기전에 대한 이해와 다른 상심실성 빈맥과의 감별진단이 중요하며 최근 3차원 영상화기법이 도입되면서 성공률이 높아졌다. 심방조동 환자에서 전극도자절제술을 시행하려면 우선적으로 회귀회로를 찾아야 하며 특히 협부 의존성 심방조동의 경우 협부를 아래쪽의 삼첨판륜으로부터 하대정맥(inferior vena cava) 쪽으로 선형절제하여 협부 부위의 양방향 전도차단을 이루는 협부의 선형절제(linear ablation)로 심방조동을 완치시킬 수 있다.

심방세동

심방세동은 심전도상 뚜렷한 P파를 찾을 수 없고 '절대적으로' 불규칙한 RR 간격을 보이며 매우 다양한 심방 순환주기를 보이며 여러 종류의 심실상성 빈맥과 감별해야 한다. 심방의 재형성(Atrial remodeling)은 다양한 형태의 지속적인 심방의 구조적, 기능적인 변화를 의미하는데, 이러한 다양한 형태의 심방 재형성이 심방세동의 발생과 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌고 적절한 치료를 위해서는 이러한 기전에 대한 이해가 필요하고 최근 많은 연구가 진행 중에 있다. 전극도자절제술은 항부정맥제의 투여 후에도 정상율동의 유지가 어렵거나 약제에 의한 부작용으로 약제를 지속하기 어려운 환자를 대상으로 하는 것이 일반적인 원칙이다.

기저심장질환이 없으면서 빈번한 심방기외수축(atrial premature contraction)이나 심방빈맥이 선행한 후 심방세동으로 전환되는 발작성 심방세동은 폐정맥(pulmonary vein, PV)의 개구부 또는 폐정맥와 좌심방(left atrium, LA)의 접합 부위 약 1-2 cm 이내에서 매우 빠르고 불규칙적인 자극의 방출이 주된 기전이므로 폐정맥 개구부의 전기적 양상과 폐정맥 전위(pulmonary vein potential)를 기록할 수 있는 고리(ring) 형태의 전극도자(lasso) 등을 이용하여 전극도자절제술 중에 폐정맥 전위가 소실되거나 좌심방전위로부터 완전 해리(dissociation)되는 것이 확인되면 효과적인 분리로 간주하여 적절한 심방세동 치료로 판정한다. 최근 3차원 mapping system기술이 발달하여 폐정맥와 좌심방의 접합부 선상에 둥글게 선형절제(LA ablation)를 시행하면서 동시에 폐정맥전위의 소실이나 해리를 목표로 하는 절제기법을 통해 성공률이 높아졌으며 일반적으로 발작성 심방세동은 70-85%, 지속성 심방세동은 50-70%의 성공률을 보이고 있다.

지속성 심방세동의 경우에는 다양한 형태의 심방 재형성이 심방세동의 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있어 심방선형절제, 복잡 분할형태의 전기적 신호유도에 의한 절제술(complex fractionated atrial electrograms, CFAEs) 등의 다양한 치료법이 시도되고 있는 상태이다.

심방세동 전극도자절제술에 따른 합병증의 빈도는 대개 3-4% 정도이다. 처음에 흔한 합병증이 폐정맥협착증이었으나 3차원 mapping system의 유도하에 폐정맥와 좌심방의 접합부 원형 선상 절제법이 시도되면서 현저히 줄었다. 뇌색전증은 약 1.0%에서 합병되는데 대개 시술 후 12-24시간 이내에 발현되고 있다. 대부분 시술 후 3개월 이내에 회복되며 일부는 시야 결손증상, 상지 운동 장애 증상을 남기기도 한다. 시술 도중 심낭압전이 합병될 수 있는데(2-4%) 대부분 시술실에서 경피적 심낭천자로 회복되지만 계속되는 출혈로 개흉 수술을 시행하기도 한다(0.1%). 드물지만 가장 치명적인 합병증은 좌심방-식도 누공(fistula)인데(0.15%) 절제술 시의 식도 손상의 예방이 매우 중요하다.

결 론

전극도자절제술은 주로 고주파 라디오주파전류 에너지를 사용하여 빈맥성 부정맥을 일으키는 방실부전도로, 방실전도

로의 일부, 또는 심방 또는 심실 등의 심근조직을 절제시킴으로 다양한 부정맥을 완치 내지 조절하는 치료법이다. 상심실성 부정맥의 전극도자절제술의 성공률은 95% 이상으로 매우 높으며 시술의 안정성도 높은 우수한 장점이 있고, 기존에 약물로 치료가 어려웠던 심방세동의 경우에도 3차원 mapping system의 유도하에 폐정맥와 좌심방의 접합부 원형선상절제법이 도입되면서 성공률이 높아졌고 최근 많은 연구 결과에 따라 다양한 치료법이 시도되고 있어 향후 지속적인 발전이 기대된다.

중심 단어: 전극도자절제술; 빈맥성 부정맥

REFERENCES

1. Josephson ME. Josephson's clinical cardiac electrophysiology. 5th ed. Baltimore: Wolters Kluwer, 2016.
2. Kasper D, Fauci A, Hauser S, Longo D, Jameson J, Loscalzo J. Harrison's principles of internal medicine. 19th ed. New York: McGraw-Hill, 2015.
3. Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P. Braunwald's heart disease. 19th ed. Philadelphia: Saunders, 2011.