ORIGINAL ARTICLE
Korean Circulation J 2005;35:454-459
ISSN 1738-5520
ⓒ 2005, The Korean Society of Circulation

시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화: 심방과 심실 전극도자의 차이

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 내과학교실 심혈관센터, 순환기내과,[1]
을지대학교 의과대학 을지대학병원 내과학교실, 순환기내과[2]
최유정[2] · 김준수[1] · 박정왜[1] · 유철웅[1] · 이 일[1] · 박만기[1]
조대경[1] · 김선운[1] · 이경진[2] · 이상훈[1] · 홍경표[1] · 박정의[1]

The Changes of Pacing Lead Impedance Over Time: Differences in the Atrial and Ventricular Leads

Yu Jeong Choi, M.D.[2], June Soo Kim, M.D.[1], Jeong Wae Park, R.N.[1], Cheol Woong You, M.D.[1], Il Rhee, M.D.[1], Man Ki Park, M.D.[1], Dae Kyoung Cho, M.D.[1], Seon-Woon Kim, M.D.[1], Kyung Jin Lee, M.D.[2], Sang Hoon Lee, M.D.[1], Kyung Pyo Hong, M.D.[1] and Jeong Euy Park, M.D.[1]
[1]Division of Cardiology, Cardiac and Vascular Center, Department of Internal Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, [2]Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Eulji University Hospital, Daejeon, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : It has been suggested that lead impedance measurements with using real-time telemetry may offer a good estimation of the lead system integrity, and the serial measurement of the pacing lead impedance over time is a useful tool to monitor the pacing lead performance. However, there has been no consistent data about the changes of lead impedance over time. Therefore, we investigated the correlation of the direct lead impedance and the telemetered lead impedance, and the changes of lead impedance over time in both the atrial and ventricular leads. **Subjects and Methods :** The direct and telemetered lead impedances were measured at the time of the initial implantation. One-hundred and five patients (mean age: 62.5±13.5 years, 47 males, 47 atrial leads and 105 ventricular leads) who were without lead failure for more than 4 years since the initial implantation were included in the study. Afterwards, the telemetered lead impedance was examined at 2-month and at 12-month after implantation and then annually for 4 years in all the patients at a pacemaker clinic. **Results :** At the initial implantation, the direct lead impedance and the telemetered lead impedance were 470.2±12.2Ω and 540.9±11.6Ω, respectively, in the atrial leads ($r=0.72$, $p<0.01$) and 623.7±14.6Ω and 717.1±17.3Ω, respectively, in the ventricular leads ($r=0.82$, $p<0.01$). In the atrial leads, the mean telemetered lead impedance rose to 583.0±14.0Ω ($p<0.01$ vs baseline) at 2 months and it stabilized thereafter ($p=NS$). In contrast, the mean lead impedance was decreased to 653.6±15.6Ω ($p<0.01$ vs baseline) at the 2-month follow-up, and then it stabilized in the ventricular leads ($p=NS$). **Conclusion :** There was a good correlation between the direct and telemetered lead impedance, and there was a different tendency for the change of lead impedance during the lead maturation between the atrial and ventricular leads. The telemetered lead impedance was substantially stable since the 2 months after the implantation. **(Korean Circulation J 2005;35:454-459)**

KEY WORDS : Electric impedance ; Telemetry ; Pacemaker, artificial.

논문접수일 : 2005년 2월 2일
심사완료일 : 2005년 4월 11일
교신저자 : 김준수, 135-710 서울 강남구 일원동 50 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 내과학교실 심혈관센터, 순환기내과
전화 : (02) 3410-3419 · 전송 : (02) 3410-2759 · E-mail : js58.kim@samsung.com

서 론

인공 심박 조율기를 삽입한 환자수가 많아짐에 따라 박동기의 안정성을 알아보고자 하는 많은 노력이 있어왔다. 특히 실시간 원격측정법(real-time telemetry)를 이용하여 비침습적인 방법으로 조율 역치, 심내 전극 및 전극도자 임피던스(lead impedance) 등을 측정함으로써 초기 시술 시 전극도자의 고정유무[1] 및 시스템의 안정성를 알 수 있고 이의 변화를 추적 관찰함으로써 전극도자 실패와 같은 중대한 오류를 조기에 알아내고 적절히 대처할 수 있다는 많은 연구가 있어 왔다.[2-13] 특히 한 연구결과에 의하면 전극도자 임피던스의 변화가 각각 15%, 30%이상일 때 전극도자 실패를 예견할 수 있는 민감도는 각각 69%, 36%, 특이도는 각각 70%, 90%를 나타냄으로써 시간경과에 따라 임피던스의 변화를 알아보는 것이 전극도자의 안정성을 알아보는 중요한 도구라고 했다.[8] 더구나 최근에는 인공 심박 조율기의 수명을 연장시킬 목적으로 스테로이드 도포 전극도자(steroid-eluting lead)뿐 아니라 임피던스가 높은 전극도자 등이 많이 사용되어지고 있는 시점에서 단순한 임피던스의 상승만으로 전극도자손상을 진단할 수 없게 되었다. 이러한 전극도자 임피던스는 일중변화뿐만 아니라[14] 전극도자 성숙 과정에서 변화를 보일 수 있다.[2,7,8,15] 하지만 아직까지 시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화에 대한 일관된 보고들이 없으며, 더구나 국내에서는 이러한 임피던스의 변화를 체계적으로 알아본 연구는 없었다. 따라서 저자들은 초기 심박동기 삽입 시 조율 시스템 분석기(pacing system analyzer)를 이용한 직접 전극도자 임피던스(direct lead impedance)와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스(telemetered lead impedance)와의 관련성을 알아봄으로써 원격측정법의 신뢰성을 알아보고, 또한 전극도자 실패가 없는 환자를 대상으로 전극도자 임피던스의 변화를 심방 전극도자(atrial lead)와 심실 전극도자(ventricular lead)로 나누어서 시간경과에 따라 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

1997년 4월에서 2004년 4월까지 경정맥을 통한 심장내 인공 심박 조율기 삽입술을 실시한 404명의 임상기록 및 컴퓨터화된 데이터를 후향 조사하였다. 이들 중 삼성서울병원에서 처음으로 인공 심박 조율기 삽입술을 실시하고 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스를 모두 측정하여 최소한 4년 이상의 추적관찰을 실시한 환자 113명 중 포획실패(capture failure), 감지이상(sensing abnormalities) 및 흉근자극(pectoral muscular stimulation) 등이 있어 전극도자 기능부전으로 판명된 환자를 제외한 105명을 대상으로 하였다. 이들에서 심방 전극도자는 47개, 심실 전극도자는 105개가 삽입되었으며, 모든 환자에서 tined 유형의 수동고정법이 사용되었다. 표준 임피던스 전극도자(standard impedance lead)가 임피던스가 높은 전극도자(high impedance lead)보다 많이 사용되어져 심실전극도자 85.7%, 심방전극도자 89.4%가 사용되어졌으며, polyurethane을 절연체로 사용한 경우는 심실 전극도자 63.8%, 심방 전극도자 72.3% 사용되었다. 또한 스테로이드 도포 전극도자는 심실 전극도자 63.8%, 심방 전극도자는 70.2%로 사용되었다(Fig. 1).

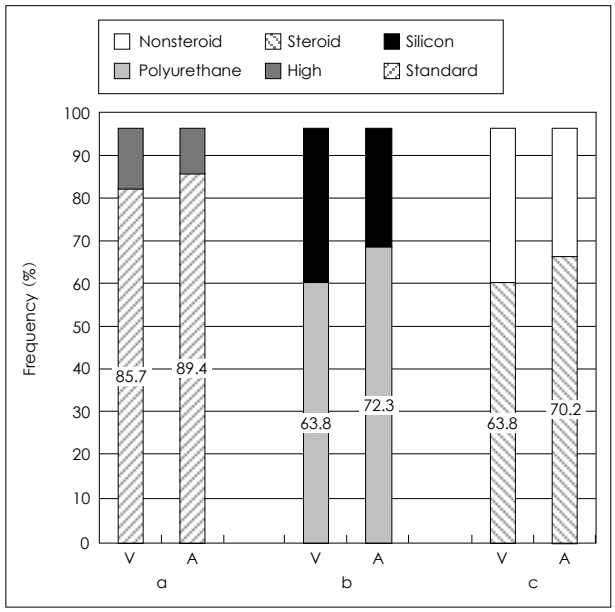

Fig. 1. Frequencies of lead types used according to the lead status (47 atrial leads and 105 ventricular leads), a: leads with high-impedance or standard-impedance, b: leads insulated with silicon or polyurethane, c: leads eluting with steroid or not. V: ventricular leads, A: atrial leads.

방 법

임피던스의 측정은 초기 전극도자 삽입시 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정하였고, 시술직후 바로 실시간 원격측정기를 이용하여 이들 값을 다시 측정하였다. 이후 박동기 클리닉에서 초기 시술 후 2개월, 12개월째 실시간 원격측정기를 이용하여 전극도자 임피던스를 측정했으며 이후에는 12개월마다 48개월간 추적 조사되었다. 직접측정법은 10 mA와 1.0 msec의 pulse impulse에서 측정되었으며, 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스는 제조회사의 기본 셋팅에 따라 펄스진폭(pulse amplitude) 2.5 V 또는 5.0 V, 펄스지속기간(pulse duration) 0.5 msec에서 측정되었다.

통계분석

분석 프로그램으로는 SPSS version 12.0와 SAS version 8.2을 이용하였고, 시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화는 SAS 프로그램을 이용하여 mixed model(Bonferroni's correction)을 사용하였으며, 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스의 비교는 선형회귀분

석를 실시하였다. 평균치는 평균±표준오차 또는 표준편차로 표기되었으며, p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 간주하였다.

Table 1. Clinical characteristics of the study population

	Total
No of subjects	105
Mean age (yrs)±SD	62.5±13.5
Men	47 (44.8%)
Indications for pacing	
Sick sinus syndrome	51 (48.6%)
Complete AV block	33 (31.4%)
2nd degree AV block	13 (12.4%)
High grade AV block	6 (5.7%)
Others	2 (1.9%)
Pacing mode	
Dual chamber	47 (44.8%)
Single chamber	58 (55.2%)

AV: atrioventricular

결 과

환자의 임상적 특성 및 시술된 전극도자의 특성

대상환자들의 임상적 특징을 보면 평균나이는 62.5±13.5세였으며, 이 중 남자가 44.8%를 차지하였다. 인공 심박 조율기를 삽입한 이유로는 방실결절 이상이 52명(49.5%)으로 가장 많은 수를 차지하였고 동기능 부전으로 51명(48.6%)이 시술되었으며 그 외에 과민성 경동맥 실신(hypersensitive syncope)등이 있었다. 전체 대상환자들에서 single chamber pacing mode가 55.2%로 과반수이상을 차지하였다(Table 1). 심박동기 구조(pacemaker configuration)에서 보면 심실 전극도자에는 양극구조(bipolar configuration)를 대다수 사용하였으며(97.8%), 심방 전극도자에는 단극구조(unipolar configuration)가 56.1%로 다소 많이 사용되었다.

직접 및 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스와의 상관관계

심방전극도자에 있어서 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스의 평균치는 각각 470.2±

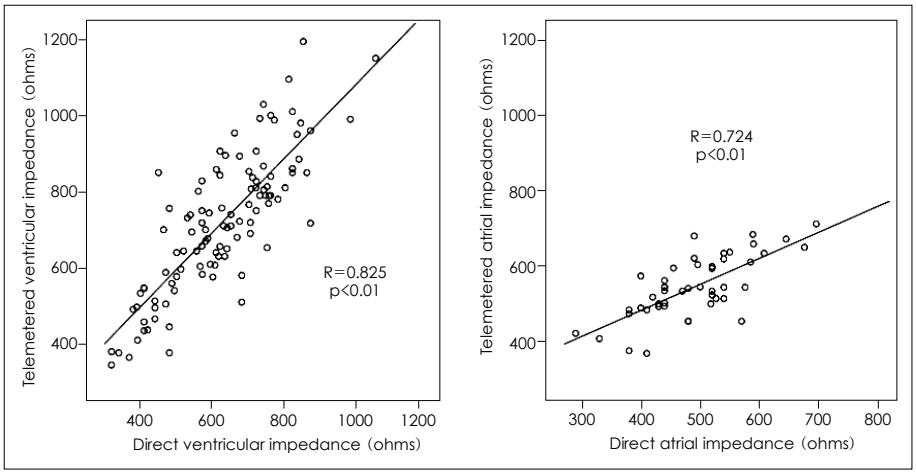

Fig. 2. Comparison of direct versus telemetered lead impedance of atrial and ventricular leads at initial implantation.

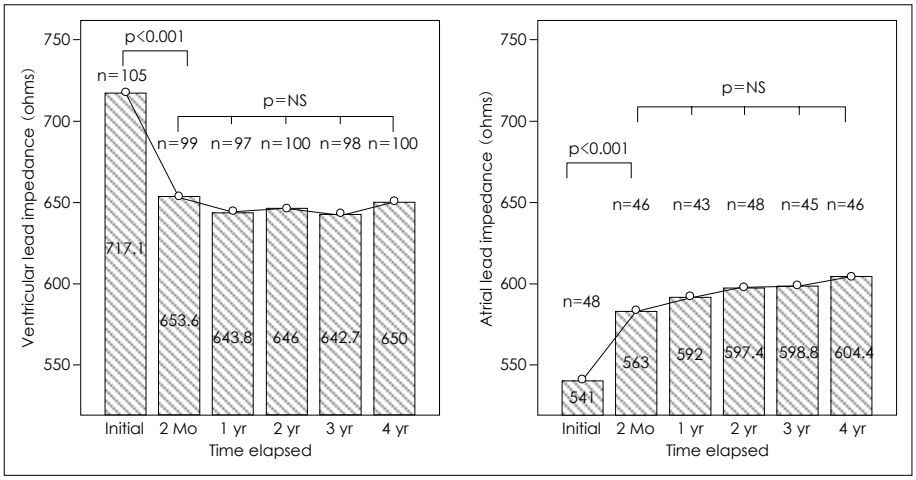

Fig. 3. The changes of the pacing lead impedance over time. NS: no significant.

12.2Ω과 540.9±11.6Ω였으며 통계학적으로 높은 상관관계를 보였다(r=0.72, p<0.01). 심실 전극도자에 있어서 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스의 평균치는 각각 623.7±14.6Ω과 717.1±17.3Ω이었으며 통계학적으로 유의한 높은 상관관계를 보였다(r=0.82, p<0.01)(Fig. 2). 심방 전극도자와 심실 전극도자 모두에서 직접법으로 측정된 임피던스 값이 원격측정법으로 측정된 값보다 낮은 값을 보였으며(p<0.001) 심실 전극도자 임피던스는 심방 전극도자 임피던스 값보다 의미 있게 높은 값을 보였다(p<0.001).

시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화

시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화는 Fig. 3과 같다. 심방 전극도자는 초기 삽입시 540.9±11.6Ω의 평균치를 보이다가, 2개월째 583.0±14.0Ω으로 통계학적으로 의미 있게 상승하다가(p<0.01) 이후부터는 조금씩 상승하는 경향을 보였으나, 통계학적으로 의미는 없었다. 반면, 심실 전극도자는 초기에 717.0±17.3Ω의 평균치를 보이다 2개월째 653.6±15.6Ω으로 심방 전극도자와는 달리 감소하였으며(p<0.01), 이후에는 큰 변화 없이 안정되었다. 이는 전극도자의 스테로이드 도포유무, 사용된 절연체 종류 및 도자의 표면적 크기에 따른 차이가 없었다.

고 찰

임피던스는 인공 심박조율기를 시술 받은 환자에서 전극도자의 안정성을 알아볼 수 있는 유용한 지표로 인정되어 왔다. 특히 전극도자 파쇄(lead fracture)에 있어서는 종종 2,000Ω까지 상승하고, 절연체 손상(insulation defect)에서는 300Ω이하로 감소한다는 사실은 잘 알려져 있다.[16)17)] 이러한 전극도자 실패를 알아보는 수단으로 실시간 원격측정법은 광범위하게 사용되어지고 있으며 이의 신뢰성을 알아보고자 실시간 원격측정법과 조율 시스템 분석기를 이용한 직접측정법을 이용하여 전극도자 임피던스를 서로 비교하고자 하는 많은 연구가 있어왔다. Platia 등[2)]은 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스 간에 비교적 높은 상관관계가 있음을 보고한 바 있으며(r=0.7 vs 0.8), Kindermann 등[18)]도 수술 중에 시행한 양군간의 비교에서 높은 상관관계(r=0.72)가 있다고 하였다. 최근에 Ben-Zur 등[5)]은 초기 심박동기 삽입 시에 두군 간에 가장 낮은 상관관계(r=0.58 vs 0.69)가 있고 이후 시간이 경과하여 심박동기 전원 교체 시에 측정된 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스에는 비교적 높은 상관관계(r=0.87 vs 0.68)가 있다고 보고하여 이는 초기에 조직과 전도자와의 접촉이 좋지 않기 때문이라고 생각하였다. Schuchert 등[7)]도 두 측정 방법간에 의미 있는 차이를 관찰할 수 없으며, 두 방법간의 상관계수 r=0.6로 양호한 상관이 있음을 보고하였다. 본 조사에서도 초기 심박동기 삽입 시에 직접 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스는 심방과 심실 모두에서 높은 상관관계를 보였다(r=0.72 vs 0.82). 이러한 연구결과로 볼 때 원격 전극도자 임피던스는 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정한 것과 비교해 장기간 상당한 정확도가 있음을 알 수 있다. 또한 본 연구에서는 직접 전극도자 임피던스가 원격 측정법을 이용한 전극도자 임피던스보다 의미 있게(p<0.001) 낮은 값을 보였는데, 이는 측정기계와 계측방법이 다르기 때문으로 보인다. 즉 제조회사마다 다른 분석기를 이용하였으며, 계측방법 또한 달라 조율 시스템 분석기는 일반적으로 임피던스를 조율파(pacing pulse)의 leading edge와 90 μsec떨어진 간격에서 측정한 반면에 원격측정법은 leading edge와 trailing edge사이에서 측정되었으며, 직접 전극도자 임피던스는 10 mA와 1.0 msec의 pulse impulse에서 측정된 반면에 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스는 0.5 msec에서 2.5 V 또는 5.0 V에서 측정되어지기 때문이다. 또한 이번 조사에서 심방 전극도자 임피던스보다 심실 전극도자 임피던스가 높은 값을 보였는데 이는 심근 벽의 두께와 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 심방벽보다 심실 벽이 더 두꺼우므로 저항 값이 높게 나오는 것으로 사료된다. 전극도자 임피던스의 변화에 영향을 미치는 인자로는 전극도자 말단부와 접촉조직과의 구성물, 심장벽의 긴장도 및 두께의 변화, 심지어 층 흐름(laminar flow)에 의해 야기되는 혈구세포의 방향 등이 영향을 미칠 수 있다.[7)] 1998년 Danilovic 등[14)]은 정상 심 박동수에 비해 매우 빠른 심 박동수에서는 이완기말 용적이 적음에도 불구하고 임피던스 값은 아주 소량 증가하는 점으로 미루어 심장 벽의 긴장도와 두께의 변화가 전극도자 임피던스에 미치는 영향은 극히 적으며, 오히려 환자의 발살바 법과 같은 수기와 자세 변화에 의해 임피던스 변화에 많은 차이가 있음을 관찰하였다. 흥미롭게도 이들은 조율 역치의 변화는 적지만 임피던스의 변화는 큰 경우가 있음을 예로 들어 전극과 조직간의 문제라기보다는 전극-전해질 계면(electrode-electrolyte interface)의 불안정이 원인이라고 주장하였다. 이는 도자와 심근 사이의 간격변화는 전극도자 임피던스보다는 조율 역치가 민감하게 변하기 때문이다. 시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화를 장기간에 걸쳐 알아본 이번 조사에서 심방 전극도자는 초기 영구 박동기 삽입시보다 2개월째 의미 있게 상승된 임피던스를 보였으며(540.9±11.6Ω vs 583.0±14.0Ω) 이후부터는 비교적 안정된 수치를 보였다. 반면에 심실 전극도자는 초기에 717.0±17.3Ω의 평균치를 보이다 2개월째 심방 전극도자와는 달리 653.6±15.6Ω으로 감소하여 이후에는 큰 변화 없이 안정됨을 관찰하였다. 이렇듯 2개월째 안정된 값을 보이는 것은 전극도자 성숙과 관련이 높을 것으로 사료된다. 즉 전극도자 성숙에 의해 전극도자 첨부와 조직 사이의 구성성분이 바뀌는 일련의 과정이 이러한 현상을 나타내리라 보인다. Platia 등[2)]은 평균 15개월간 조사한 연

구에서 시술 후 13개월째 심방 임피던스는 538Ω에서 471Ω, 심실 임피던스는 545Ω에서 485Ω로 의미 있게(p<0.01)감소한다고 보고하였다. Schwaab 등[19]은 이극성, 정맥을 통한, 스테로이드가 도포된 tined유형의 심실 전극도자를 5년까지 조사한 연구에서 초기에 758±131Ω에서 1개월째에는 711±104Ω으로 감소하였으며 시간이 지남에 따라 감소하여 5년째는 670±139Ω으로 감소하는 경향을 발표하였다. 일반적으로 전극도자 성숙 과정에서 나타나는 조직의 섬유화에 의해 낮은 임피던스 값을 나타내는 것[15]으로 볼 때 시간이 지남에 따라 임피던스가 감소하리라 예상할 수 있다. 반면에 스테로이드 도포 전극도자는 도자-조직간 접촉을 증가시켜 스테로이드가 도포되지 않은 전극도자에 비해 높은 임피던스를 나타내리라 생각된다. 예상과는 달리 스테로이드가 전극도자 임피던스에 미치는 영향을 알아본 연구에서 스테로이드는 전극도자 임피던스에 큰 영향을 주지 않는다는 보고들도 있다.[3][9][20] 본 연구에서 특이할 것은 전극도자 임피던스 값의 변화가 심실과는 달리 심방 전극도자에서는 상승한 후에 안정되었다. 한편 Ben-Zur 등[5]도 심방 전극도자에서 초기에 581.6±27.6Ω, 1개월째에는 625.7±34.8Ω, 그리고 1년째에는 754.1±43.0Ω으로 증가되는 연구를 보고하였다. 아마도 이는 심방 전극도자에서 lead 삽입 후 도자와 조직간의 접촉이 시간이 지남에 따라 호전되기 때문으로 생각되나 이에 대한 연구는 더 있어야 할 것으로 보인다. 본 연구의 제한점은 측정기계와 계측방법이 달랐고 많은 제조회사에서 만들어진 다양한 전극도자를 대상으로 했다는 점이다. 따라서 전극도자 임피던스에 영향을 미칠 수 있는 도자의 표면적의 차이, 스테로이드 도포 차이 및 전도체 등의 차이에 의한 분석이 이루어지지 못했다. 또한 원격측정법을 이용 전극도자 임피던스의 측정을 0.5 msec의 펄스 지속기간(pulse duration)에서 펄스 진폭(pulse amplitude)을 2.5 V 또는 5.0 V에서 측정하였다. 기존연구에서 더 짧거나 긴 펄스 지속기간은 각각 낮거나 높은 임피던스 수치를 나타낸다는 사실은 잘 알려져 있다.[7][9] 그러나, 최근에 Schuchert 등[7]은 펄스진폭과 펄스 지속기간과의 변화에 따른 실시간 원격측정법을 이용한 임피던스의 변화치가 대부분의 셋팅에서 별로 크지 않음을 보고하여 반드시 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스를 5.0 V, 0.5 ms에서 일률적으로 측정할 필요가 없음을 피력한 바 있다. Danilovic 등[9]도 0.8에서 8.0 V 사이의 펄스 진폭에서 임피던스가 별로 차이가 없음을 확인하였고, 이러한 안정된 임피던스는 펄스 진폭에 의해 큰 영향을 받지 않으므로 5.0 V 이하의 펄스 진폭에서도 비교적 정확하게 측정될 수 있다고 하였다. 결론적으로, 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정한 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스와의 높은 상관관계를 고려할 때 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던스의 측정은 신뢰도가 높은 검사법으로 임피던스의 추적조사에 유용함을 확인할 수 있었다. 또한 심방 전극도자와 심실 전극도자 모두 장기적으로 안정된 전극도자 임피던스 값을 보였으며, 전극도자 성숙 과정에서 서로 다른 경향을 보여 이에 대해 더 많은 환자수를 대상으로 전향적인 연구가 있어야 할 것으로 보인다.

요 약

배경 및 목적 :

실시간 원격측정법을 이용하여 전극도자 임피던스를 측정함으로써 전극도자 시스템의 완전성을 예측할 수 있고, 시간경과에 따라 이러한 임피던스의 변화를 추적함으로써 조율전극도자의 성능을 알 수 있다. 하지만 아직까지 시간경과에 따른 전극도자 임피던스의 변화에 대한 일관된 보고들이 없으며, 더구나 국내에서는 이러한 임피던스의 변화를 체계적으로 알아본 연구는 없었다. 따라서 저자들은 초기 심박동기 삽입시 전극도자 임피던스를 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정한 임피던스와 원격측정기를 이용한 임피던스와의 관련성을 알아보고, 또한 전극도자 실패가 없는 환자를 대상으로 전극도자 임피던스의 변화를 심방 전극도자와 심실 전극도자로 나누어서 시간경과에 따라 알아보고자 하였다.

방 법 :

1997년 4월에서 2000년 4월 사이에 삼성서울병원에서 처음으로 인공 심박 조율기를 삽입하고 적어도 4년간 추적 조사하여 전극도자 실패가 없는 환자 105명을 대상으로 하였으며, 임피던스의 측정은 초기 전극도자 삽입시 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정하였고, 인공 심박 조율기 삽입 직후 실시간 원격측정기를 이용하여 이들 값을 다시 측정하였다. 이후 박동기 클리닉에서 초기 시술 후 2개월, 12개월째 실시간 원격측정기를 이용하여 임피던스를 측정했으며 이후에는 12개월마다 48개월간 추적 조사되었다.

결 과 :

대상환자의 평균연령은 62.5±13.5세였으며, 남자가 47명이었고, 심방 전극도자 47개 그리고 심실 전극도자 105개가 시술되었다. 심방 전극도자에서는 직접 전극도자 임피던스(direct lead impedance)와 원격 전극도자 임피던스(telemetered lead impedance)가 각각 470.2±12.2Ω과 540.9±11.6Ω(r=0.72, p<0.01)였으며, 심실 전극도자에서는 직접 전극도자 임피던스가 623.7±14.6Ω, 원격 전극도자 임피던스는 717.1±17.3Ω(r=0.82, p<0.01)이었다. 심방 전극도자에서는 평균 원격 전극도자 임피던스가 2개월째 583.0±14.0Ω(p<0.01)으로 상승한 후에 4년간 안정된 값을 보였다. 반면에 심실 전극도자에서는 전극도자 임피던스가 심실 전극도자와는 달리 653.6±15.6Ω(p<0.01)으로 감소한 후에 안정된 값을 보였다.

결 론 :

결론적으로, 조율 시스템 분석기를 이용하여 직접 측정한 전극도자 임피던스와 원격측정법을 이용한 전극도자 임피던

스와의 높은 상관관계를 보였다. 또한 전극도자 성숙 과정 중 심방과 심실에서 임피던스가 서로 다른 변화추세를 보였으나 장기적으로는 안정된 전극도자 임피던스 값을 보였다.

중심 단어 : 전기적 임피던스 ; 원격측정법 ; 인위적 심박동기.

REFERENCES

1) Roelke M, Bernstein AD, Parsonnet V. *Serial lead impedance measurements confirm fixation of helical screw electrodes during pacemaker implantation. Pacing Clin Electrophysiol 2000;23:488-92.*
2) Platia EV, Brinker JA. *Time course of transvenous pacemaker stimulation impedance, capture threshold, and electrogram amplitude. Pacing Clin Electrophysiol 1986;9:620-5.*
3) Rhoden WE, Llewellyn MJ, Schofield SW, Bennett DH. *Acute and chronic performance of a steroid eluting electrode for ventricular pacing. Int J Cardiol 1992;37:209-12.*
4) Kazama S, Nishiyama K, Machii M, et al. *Long-term follow up of ventricular endocardial pacing leads: complications, electrical performance, and longevity of 561 right ventricular leads. Jpn Heart J 1993;34:193-200.*
5) Ben-Zur UM, Platt SB, Gross JN, et al. *Direct and telemetered lead impedance. Pacing Clin Electrophysiol 1994;17:2004-7.*
6) Payne GE, Dunham DG, Rao AC, Crowther AP, Joseph SP, Skehan JD. *Clinical experience with a new lead combining active fixation with steroid elution. Pacing Clin Electrophysiol 1994;17:1665-71.*
7) Schuchert A, Cappato R, Kuck KH, Meinertz T. *Reliability and variability of impedance measured by real-time telemetry. Pacing Clin Electrophysiol 1996;19:265-71.*
8) Sharif MN, Wyse DG, Rothschild JM, Gillis AM. *Changes in pacing lead impedance over time predict lead failure. Am J Cardiol 1998;82:600-3.*
9) Danilovic D, Ohm OJ, Breivik K. *Clinical use of low output settings in 1.2 mm2 steroid eluting electrodes: three years of experience. Pacing Clin Electrophysiol 1998;21:2606-15.*
10) Hidden-Lucet F, Halimi F, Gallais Y, Petitot JC, Fontaine G, Frank R. *Low chronic pacing thresholds of steroid-eluting active-fixation ventricular pacemaker leads: a useful alternative to passive-fixation leads. Pacing Clin Electrophysiol 2000;23:1798-800.*
11) Scherer M, Ezziddin K, Klesius A, et al. *Extension of generator longevity by use of high impedance ventricular leads. Pacing Clin Electrophysiol 2001;24:206-11.*
12) Erdinler I, Akyol A, Okmen E, Oguz E, Gurkan K, Ulufer T. *Long-term follow-up of pacemakers with an Autocapture pacing system. Jpn Heart J 2002;43:631-41.*
13) Nowak B, Israel CW, Gascon D, et al. *Single-lead VDD-pacing system incorporating high impedance stimulation: a multicentre study. Europace 2002;4:129-35.*
14) Danilovic D, Ohm OJ. *Pacing impedance variability in tined steroid eluting leads. Pacing Clin Electrophysiol 1998;21:1356-63.*
15) Antunez Segui F. *Maturation of the electrode-endocardium interface. Rev Esp Cardiol 1990;43 (Suppl 2):3-12.*
16) Barold SS, Ong LS, Heinle RA. *Stimulation and sensing thresholds for cardiac pacing: electrophysiologic and technical aspects. Prog Cardiovasc Dis 1981;24:1-24.*
17) Levine PA. *Clinical manifestations of lead insulation defects. J Electrophysiol 1987;1:144-55.*
18) Kindermann M. *In vivo evaluation of pacemaker telemetry. Pacing Clin Electrophysiol 1994;17:868.*
19) Schwaab B, Frohlig G, Berg M, Schwerdt H, Schieffer H. *Five-year follow-up of a bipolar steroid-eluting ventricular pacing lead. Pacing Clin Electrophysiol 1999;22:1226-8.*
20) Crossley GH, Brinker JA, Reynolds D, et al. *Steroid elution improves the stimulation threshold in an active-fixation atrial permanent pacing lead: a randomized, controlled study: model 4068 investigators. Circulation 1995;92:2935-9.*