Original Articles Korean Circulation J 2000;30(3):310-317

심방실 연속조율에서 최적 심박수 적응성 방실지연의 평가

한양대학교 의과대학 내과학교실,[1] 을지대학교 의과대학 내과학교실[2]
이재웅[1] · 신진호[2] · 김명곤[2] · 김경수[1] · 김순길[1]
김정현[1] · 임헌길[1] · 이방헌[1] · 이정균[1]

Optimally Timed Rate-Adaptive Atrioventricular Delay in AV Sequential Pacing

Jae Ung Lee, MD[1], Jin Ho Shin, MD[2], Myeong Kon Kim, MD[2], Kyung Soo Kim, MD[1], Sun Gil Kim, MD[1], Jeong Hyun Kim, MD[1], Heon Kil Lim, MD[1], Bang Hun Lee, MD[1] and Chung Kyun Lee, MD[1]

[1]Department of Internal Medicine, College of Medicine, Hanyang University, Seoul,
[2]Department of Internal Medicine, Eulji University School of Medicine, Taejon, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives: The impetus for the spectacular advances in pacemaker technology has been a shift in the aims of pacemaker therapy from ensuring survival of patients with conduction defects to optimizing hemodynamic function. Now, optimization of the system through rate adaptive AV sequential pacing and adjusting the appropriate time of the AV interval is the main goal. At lower levels of exercise, the relative importance of an appropriately timed atrial contraction in maintaining optimal cardiac output is now well established in patients with normal and abnormal ventricular function. The purpose of this study is to define the optimal AV delay patterns in AV sequential pacing in association with heart rate changes. **Materials and Methods**: Eleven patients who had been treated with dual chamber pacemakers under the diagnosis of complete heart block or sick sinus syndrome were included. During the study, the pacemaker was programmed to the atrial triggered ventricular pacing mode. The heart rates were increased from 50 beats/minute to 80 beats/min by 5 beats/minute's interval. At each heart rate, the AV delay was programmed to 100, 125, 150, 175, 200 ms and the time velocity integral was measured by a continuous wave Doppler echocardiography. **Results**: When the heart rate changes were not considered, time velocity integral was the greatest with an AV delay of 150 ms ($p<0.0001$). There were no significant differences between AV delays regarding the time velocity integrals in rate responsive optimal fixed AV delay. The average r-value of linear regressions for optimal AV delay was -0.54. Individually programmed AV delay showed that the optimal AV delays were at 125 ms in two cases, 150 ms in five cases, 175 ms in three cases, and 200 ms in one case. The most unfavorable AV delays were at 100 ms in four cases, 150 ms in one case, 175 ms in two cases, and 200 ms in three cases. The r-values of linear regression for individualized optimal AV delay showed very wide range (-2.5 -0.89). **Conclusion**: The optimal AV delay within the range of 50 -80 bpm of heart rates is 150 ms. The average r-value of linear regression for optimal AV delay was -0.54. However there were wide variations in optimal AV delay individually, we should consider a patient-specific AV delay algorithm. **(Korean Circulation J 2000;30(3):310-317)**

KEY WORDS: Pacemaker · AV delay · Rate-adaptive.

논문접수일 : 1999년 10월 12일
심사완료일 : 2000년 2월 17일
교신저자 : 이재웅, 471 - 020 경기도 구리시 교문동 249 - 1 한양대학교 의과대학 내과학교실
전화 : (0346) 560 - 2234 · 전송 : (0346) 553 - 7369
E - mail : leeju@email.hanyang.ac.kr

서 론

심박조율 치료의 개념은 환자의 단순한 생명 유지의 기능에서부터 최적의 심장 기능 확보로 변화되어 왔다. 심박출량은 심박수와 1회 박출량에 비례하며, 심박출량의 증가는 중등도 이상의 운동시는 주로 심박수 증가에 의해 이루어지며, 일상 활동이나 경도의 운동시는 심박수의 증가보다는 1회 심박출량의 증가에 의한다. 그러므로 인공 심박조율에 있어서 중등도 이상의 운동시 심박출량의 증가를 위하여는 고정된 심박조율 방식보다는 심박수 반응성 조율이 중요하다.[1] 그러나 환자의 생활 중 가장 많은 시간을 점유하는 일상활동 중이나 경도의 운동시는 방실 동시성의 최적화가 심박출량의 증가에 중요하다.[2-5] 방실 전도 시간에 영향을 미치는 요인은 심박동수,[6] 좌심실 기능,[7] 좌심방 크기[8] 그리고 심방 전도 시간의 개인차[9] 등이 보고되어 있다.

DDD형 심박조율시 최적의 방실 자극간격 및 그에 따른 혈역학적 변화에 대한 연구가 많이 있었으나 다양한 결과를 보고하였고, Frielingsdorf 등[14]은 개인별 최적 방실 자극간격의 범위가 매우 좁아서 25 msec와 같은 약간의 변동에도 심장기능의 현저한 감소를 나타낼 수 있다고 하였다. 그러나 이들 대부분 고정된 심박수를 기준으로 수행되었거나, 일부 중등도 이상의 운동에 대한 연구이며, 일상생활 상태에서의 심박수 변화에 따른 최적 방실 자극간격의 변화 양상은 잘 알려져 있지 않다.

그러므로 본 연구는 심방실 연속조율에 있어서 환자의 생활에서 많은 시간을 점유하는 일상활동 중 심박수 변동에 따른 방실 자극간격의 특성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

연구 재료는 1995년부터 1998년까지 한양대학교 부속병원에서 완전 방실차단이나 동기능부전증후군으로 DDD형 심박조율기를 시술 받은 환자를 선택하였다. 대상 환자들 모두 본 임상연구에 동의하였다. 대상 환자는 모두 11명(남자 5명, 여자 6명)이었고, 평균 연령은 59.8±11.2세로 25세에서 69세까지 분포하였다. 임상적으로 좌심실 구혈률이 50% 이하, 허혈성 심장질환, 중등도 이상의 판막 질환이 있는 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

도플러 심초음파 검사

조율 분석기를 이용하여 심박조율기를 DDD형 심박조율 방식에서 심방 반응성 심실 조율 방식으로 변환시켰다. 심방조율을 분당 50회에서 80회까지 매 5회씩 증가 시키면서, 각 심박수마다 방실 자극간격을 100, 125, 150, 175, 200 msec로 변환 후 각각의 TVI를 5회씩 측정하여 평균값을 사용하였다. 도플러 심초음파 검사(Sonos 2000, Hewlett Packard, USA)는 2.5 MHz 탐촉자를 이용하여 미국 심초음파 학회가 제시한 방법으로 심첨 5방도에서 대동맥판막의 혈류와 일치하여 연속파 도플러로 TVI를 측정하였다. TVI 측정시 검사자간의 오차를 줄이기 위하여 심초음파 검사에 충분히 훈련된 심장내과 의사 1명이 지속적으로 시행하였다.

통계처리

모든 자료는 평균값과 표준편차로 표시하였다. 통계학적 분석은 SPSS 통계 분석 프로그램을 이용하여 각 군간의 평균치 비교는 paired 또는 unpaired Student's t-test를 시행하였다. 모든 결과의 분석에서 p값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 해석하였다.

결 과

임상적 특징

대상 환자는 총 11명이었으며 대상군의 평균 연령은 59.8±11.2세였고 이들 중 남자가 5명이었다. 원인 부정맥으로는 동기능부전 증후군이 4명(36%), 완전 방실차단이 7명(64%)이었다. 이중 고혈압 환자가 1명(9.1%), 경도의 승모판 폐쇄부전증이 2명(18%)이었다. 좌심실 구혈율은 평균 63.8±2.8%를 나타내었다. 심박조율기는 9명에서 VISTA 발생기(VISTA, CPI, USA), 2명에서 Cosmos II 발생기(Cosmos II, Intermedics, USA)를 시술하였다(Table 1).

최적 방실 자극간격

심박수의 변동을 고려하지 않았을 때의 TVI는 100 msec의 방실 자극간격에서 22.4±3.7, 125 msec에서 22.8±4.0, 150 msec에서 23.1±3.7, 175 msec에서 22.9±4.1, 200 msec에서 22.4±4.0로서 150 msec의 방실 자극간격에서 TVI가 제일 높았다($p<0.0001$)(Fig. 1).

Table 1. Clinical and echocardiographic haracteristics of the patients

Case	Age/Sex	Type of bradycardia	Heart disease	EF	Pacemaker
1	68/M	AV block 2 : 1	MR Ⅱ	66.5	VISTA
2	55/F	SSS	none	69.4	VISTA
3	63/M	SSS with AV block Ⅲ	MR I, LVH	63.3	VISTA
4	62/F	AV block Ⅲ	none	72.0	VISTA
5	69/M	AV block Ⅲ	none	59.2	VISTA
6	25/F	SSS	none	54.5	Cosmos Ⅱ
7	47/F	High degree AV block	none	72.6	VISTA
8	77/M	AV block Ⅲ	none	53.5	VISTA
9	60/M	AV block Ⅲ	none	59.7	VISTA
10	61/F	High degree AV block	H/T	55.2	VISTA
11	71/F	SSS	none	75.9	Cosmos Ⅱ

EF : ejection fraction, H/T : hypertension, LVH : left ventricular hypertrophy, MR : mitral regurgitation, SSS : sick sinus syndrome, AV block Ⅲ : 3rd degree AV block

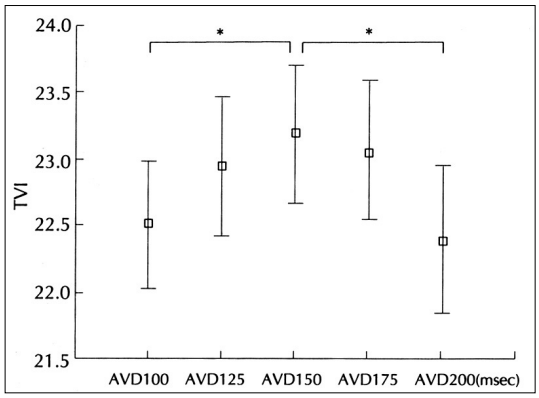

Fig. 1. Changes in time velocity integral (TVI) at different atrioventricular delay (AVD). *p<0.005.

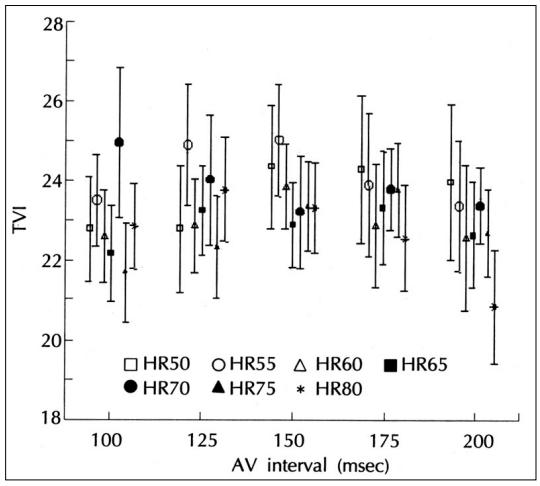

Fig. 2. Relatonship between AV interval and time velocity integral at different rates (50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 bpm).

각 심박수에서의 최적 방실 자극간격

각 방실 자극간격의 증가 단계마다 심방조율을 분당 50회에서 80회까지 변동시키면서 측정한 TVI는 통계상 차이가 없었다(Fig. 2).

최적 방실 자극간격의 선형추세

전체 환자의 각 심박수 변동에 따른 최적의 방실 자극간격의 선형추세는 $y=-0.54\chi+175$로서, 심박수가 분당 10회 증가될 때마다 5.4 msec의 감소율을 나타내었다($p<0.05$)(Fig. 3).

개인별 최적 방실 자극간격

최적의 방실 자극간격은 125 msec에서 2예, 150 msec에서 5예, 175 msec에서 3예, 200 msec에서 1예를 나타내었다(Fig. 5). 가장 바람직하지 못한 방실 자극간격은 100 msec에서 4예, 150 msec에서 1예, 175 msec에서 2예, 200 msec에서 3예를 나타내었다(Fig. 5).

각 개인별 최적 방실 자극간격의 변화 양상

각 개인별 선형추세 계수는 -1.43, 0.89, -0.54, -0.89, -1.07, -0.36, -0.71, -0.54, -2.5, -1, -2.5로서 매우 다양한 결과를 나타내었다(Table 2).

고 안

가장 생리적인 심박조율이란 정상인에서 관찰되는 것과 같이 정상 동조율과 함께 동방전도와 방실전도의 정

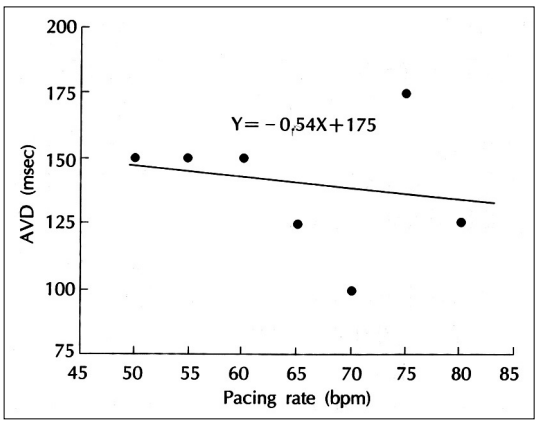

Fig. 3. Linear regression of optimal atrioventricular delay (AVD) and pacing rates. $p<0.05$.

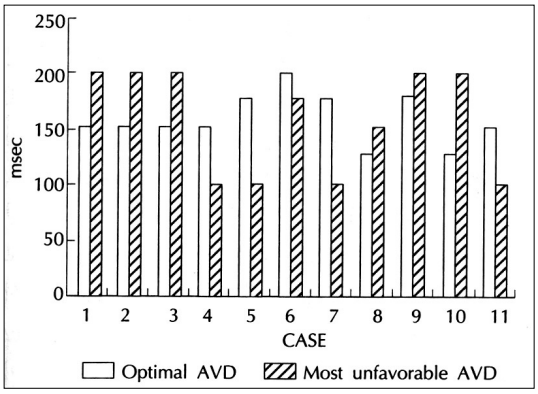

Fig. 4. Individualized optimal and most unfavorable atioventricular delay (AVD).

상 전도를 통하는 것을 의미하며, 이 경우 운동과 같은 신체의 산소요구도가 증가되는 상태에서는 동조율이 함께 증가되는 심박수 반응성(rate responsiveness)과 심박수 적응성 방실 동시성 기능(rate adapted AV synchrony)이 포함된다. 인공심박조율기의 적용에 있어서도 초기 Adams-Stokes 증후군의 치료와 같은 단순한 생명유지의 도구로부터 혈역학적 개선을 통한 운동능력의 향상을 목적으로 가장 생리적인 심박조율에 접근하기 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 이를 위하여 심실조율에서 심방 또는 이방조율로 발전되었고, 심박수 반응성 조율의 개발과 함께 최근에는 심박수 적응성 방실 동시성 기능을 추가하고자 하는 연구가 진행중이다.

운동과 같은 산소 요구량의 변화시 정상적인 심혈관계는 심박출량을 증가 시켜 운동능력을 유지한다. 심박

Table 2. Linear regression equation for individualized optimal atrioventricular delay

Case	Age/Sex	Linear regression
1	68/M	y= - 1.43x+247
2	55/F	y=0.89x+92
3	63/M	y= - 0.54x+145
4	62/F	y= - 0.89x+205
5	69/M	y= - 1.07x+213
6	25/F	y= - 0.36x+148
7	47/F	y= - 0.71x+167
8	77/M	y= - 0.54x+185
9	60/M	y= - 2.5x+320
10	61/F	y= - x+180
11	71/F	y= - 2.5x+350

출량은 심박수와 박출량에 비례한다고 알려져 있다. 정상적으로 최대 운동시 심박출량은 안정시에 비하여 약 350% 정도 증가하게 되며, 대부분의 경우 약 300%는 심박수 증가에 기인하며 나머지 50%는 박출량의 증가에 의한 것으로서 최대 운동시에는 심박수의 증가가 더욱 중요한 결정 요인이 된다. 그러나 심박수와 박출량의 심박출량에 미치는 영향 정도는 연령, 심혈관 질환, 신체 적응 상태, 운동의 정도 등에 따라 다르다. 약 70세의 노인의 경우에는 최대 운동시 심박수가 심박출량의 약 2/3를 결정하는 것으로 알려져 있으며, 운동선수와 같은 혈역학적으로 잘 적응된 경우에는 운동량에 비례하여 심박수와 박출량이 모두 비례하여 증가된다. 정상인의 경우에는 일상 생활 정도의 경운동을 하는 경우에는 심박수 반응성보다는 1회 박출량의 증가 즉 방실 동시성의 조화가 더욱 중요한 영향을 미치지만, 중등도 이상의 운동량이 되면 1회 박출량이 의미 있게 증가되지 않기 때문에 심박수가 심박출량의 주된 결정요인이 된다. 심혈관 질환에서 심실 기능이 현저히 저하된 경우에는 운동시 1회 박출량이 오히려 감소하게 되어 심박출량이 현저히 낮아지게 된다.

운동량에 비례해서 심박수를 증가시키기 위하여 VVI-R, VDD, DDD 또는 DDD-R형 심박조율기가 개발되었고, 심박수 반응성 기능이 없는 VVI형 심박조율에 비하여 운동시 심박출량을 증가시켜 혈역학적으로 더욱 우수하다는 것이 Lau 등[15]외 많은 연구를 통하여 입증되었다. 또한 단순한 혈역학적 개선 외에도 최대 산소소모량의 증가, 동정맥산소분압차의 감소, 그리고 환자의 자각 증상도 개선시킨다고 보고되었다.[16][17] Sedney 등[18]

에 의하면 시술 초기에 얻어지는 혈역학적 개선효과는 6 12개월이 경과하여도 시술 직후와 비교시 좌심실의 기능의 항진과 함께 심장의 크기도 작아지고, 운동능력의 개선 효과도 오랜 기간 지속된다고 하였다. Pehrsson 등[19]은 완전 방실 전도 차단으로 VVI형 심박조율을 받은 환자의 관정맥동 카테콜라민의 농도가 심박수 반응성 기능이 있는 VVI-R 또는 DDD형 심박조율시보다도 의미 있게 상승되어 있음을 보고하여, VVI형 심박조율 동안 교감신경계의 활성도 증가가 결국 좌심실 기능의 감소, 심부전증 그리고 부정맥도 유발할 가능성이 있다고 하여 심박수 반응성 기능의 중요성을 강조하였다. 운동시 심박출량의 변화에 있어서 방실 동시성과 심박수 반응성 기능의 비중을 비교한 Wirtzfeld 등[20]의 연구에서는 심박수 반응성과 방실 동시성 기능을 모두 갖춘 VDD형이나 심박수 반응성 기능만 있는 VVI-R형 모두 최대 운동량에서는 심박출량의 증가에 있어서 별다른 차이를 관찰할 수 없기 때문에 심박수가 더욱 중요하다고 하였다.

그러나 중등도 이상의 운동이 아닌 일상생활에서는 심박출량의 유지에 있어서 심박수 보다는 박출량이 더욱 중요한 결정인자가 되기 때문에 1회 박출량을 개선시키기 위한 연구들이 진행되고 있다. 박출량은 확장말기용적 즉 전부하, 심근 수축력 그리고 후부하에 의해 영향을 받게 된다. 확장말기용적은 주로 심방 수축에 의한 심실 충만압과 확장기 유순도에 의해 결정되고, 심박출량의 유지에 있어서 좌심실의 수축 기능이 정상이거나 확장기능이 저하된 경우 안정시와 일상활동 중에는 방실 동시성 기능의 역할이 더욱 중요하다고 알려져 있다. 심방 수축은 직접적으로 심실 충만의 정도를 조절하고, 간접적으로는 ANP(atrial nitriuretic peptide)와 같은 신경 체액성 기전을 통하여 신장의 기능, 말초혈관운동 활성도, 수액-전해질 평형을 조절함으로써 심실의 변력성과 수축기말 확장에 관여한다. 또한 심박출량에 대한 좌심방의 역할은 연령, 자율신경계 활성도, 심박수, 육체적 활동, 심방 및 심실의 수축력, 판막질환, 역행성 실방전도 그리고 방실전도 시간의 영향을 받는다고 알려져 있다.[9] 이런 다변적 요인들로 인하여 심방수축의 소실이나 방실 동시성 부조화의 결과는 다양한 혈역학적 변화를 나타내게 된다.[21-24] Kruse 등[25]은 VDD와 VVI형 심박조율기를 비교하여 VDD형이 방실 동시성을 유지시키기 때문에 혈역학적으로 더욱 도움이 된다는 것을 보고하였다. 방실 동시성의 혈역학적 개선 효과가 모든 환자에서 관찰되지는 않아서 Greenber 등[26]은 좌심실 기능이 저하된 환자에서는 좌심실 충만압에 역비례 한다고 하였다. 그러나 Moreira 등[27]은 서맥, 심부전증, 좌심실 수축기능이 현저히 저하된 환자에서 방실 동시성이 VVI 또는 VVI-R형 심박조율을 시행하면서 심박수를 높였을 때 운동능력이 매우 감소되었음을 관찰하여 방실 동시성의 유지가 환자에 따라서는 중요할 수 있다고 하였다. 또한 좌심실 확장기능 장애가 있는 환자의 경우에는 방실 동시성의 역할이 더욱 중요하여 안정시 심박출량의 약 30 40%를 제공한다는 보고가 있다.[28]

DDD나 DDD-R형 심박조율기를 시술 받은 환자에서 일상 활동 중 최적의 방실 동시성을 적용해주는 것이 혈역학적으로 매우 중요하며 이를 위하여 최적 방실 자극 간격의 측정이 필요하다. 심박수에 따른 건강인의 방실전도시간의 특성은 Lee 등[29]의 연구에 따르면 심박동수와 방실전도시간 사이에는 남자 5.2 msec/10 beats/min, 여자 4.3 msec/10beats/min의 선형 역비례 관계가 있으며, Daubert 등[30]도 4±2 ms/10 beats/min의 감소율과 함께 심부전이나 베타차단제 또는 항부정맥제의 사용 중에도 이러한 관계가 지속된다는 보고를 하였다. 본 연구에서도 DDD형 심박조율기의 시술을 받은 사람의 경우 일반적으로는 평균 5.4 msec/10 beats/min의 감소율을 적용시켜주는 것이 도움이 될 것을 관찰하였다.

지금까지 수축기 시간간격,[31] 심초음파,[32,33] 도플러 심초음파,[10,34] 방사성 핵종 심혈관조영술,[35] 심도자등[36]을 이용하여 연구된 대부분의 안정시 최적 방실 자극간격은 150 msec를 인정하였다. 그러나 Mehta 등[37]은 최적의 방실 자극간격은 안정시 200 msec, 최대 운동시 75 msec를 주장하였다. Hartzler 등[38]은 최적의 방실 자극 간격은 대상의 연령이 젊을수록 짧아지고, 좌심실 기능장애가 있는 경우에는 심장 질환이 없는 경우보다 길게 해주는 것이 혈역학적으로 우수하였다는 보고를 하였다. 본 연구에서도 심박수를 고려하지 않았을 때의 최적 방실 자극간격은 150 msec로서 100 msec, 200 msec와 비교시 의미 있는 차이를 나타내었다. 그러나 일반적인 최적의 방실 자극간격이 150 msec라는 것은 평균적인 결과일 뿐 실제 각 개인별로는 100 msec에서부터 200 msec까지 상당한 차이를 나타내었고,

이에 대한 해석으로 Ritter 등[39)40)]은 심방과 심실사이의 전기기계역학의 개인별 차이와 우심방과 좌심방간의 전도시간 차이(57±23 msec in VDD mode, 74±18 msec in DVI mode, 144±82 msec)로 설명하였다. 이러한 이유로 수축기 시간간격, 도플러 심초음파 검사와 같은 기계적 방실 전도시간을 실제적으로 측정할 수 있는 방법의 중요성이 강조되고 있다.[41)] 본 연구에서도 최적의 방실 자극간격이 125 msec에서 2명, 150 msec에서 5명, 175 msec에서 3명, 200 msec에서 1명 등 다양한 범위를 나타내었다. 또한 1명은 150 msec에서 가장 바람직하지 못한 결과를 보여 전체 대상군의 결과를 일률적으로 각 개인에게 적용하기에는 어렵다. 또한 지금까지의 연구들은 대부분 안정시와 최대 운동시와 같은 고정된 심박수를 기준으로 수행되었기 때문에 심박조율에 있어서 심박출량에 대한 방실 동시성의 역할이 가장 큰 일상활동 중 심박수 변동에 따른 최적 방실 자극 간격의 변화 양태에 대한 연구는 거의 보고가 되지 않고 있다. Rees 등[42)]은 심박수 적응성 방실 동시성 기능은 운동과 같이 심박수가 매우 증가되는 상황에서는 고정된 방실 자극 간격 심박조율의 경우와 비교시 심박출량의 개선에 있어서 의미 있는 차이를 발견하지 못하여, 운동중의 심박출량의 증가는 심박수의 상승이 주된 요인이 된다는 보고를 하였다. 이에 따라 본 연구는 대부분의 일상 활동 중에 관찰되는 심박수의 변화폭인 분당 50회에서 80회의 심박수 변동에 따른 방실 자극간격의 변화 양상에 대한 연구를 시행하였고 Fig. 2와 같이 분당 50회에서 80회까지의 심박수 범위 내에서의 최적 방실 자극간격은 평균 150 msec이었으나, 심박수 변동에 따른 최적의 방실 자극간격의 변화 양상은 각 개인별로 다양성을 나타내었기 때문에, 심박수 변화에 따른 심기능의 개선을 위해서는 최적의 방실 자극간격 변화 양상에 대한 개별 선형추세를 구하여 적용해야 할 것으로 생각된다.

요 약

연구배경 :

DDD형 심박조율에 있어 최적의 방실 자극간격에 대한 지금까지의 연구는 대부분 고정된 심박수를 기준으로 수행되었거나 중등도 이상의 운동부하에 따른 연구이었다. 따라서 심방실 연속 조율에 있어 일상 생활 및 경도의 운동량에 속하는 심박수 내에서 심박수의 변동에 따른 최적의 방실 자극 간격의 변화 양상에 대하여 연구하고자 하였다.

대상 및 방법 :

관찰 대상은 1995년부터 1998년까지 한양대학교 부속병원에서 완전 방실차단이나 동기능부전 증후군으로 DDD형 심박조율기를 시술 받은 11명을 대상으로 하였다. 심방의 인공 조율수를 분당 50회에서 80회까지 5회씩 증가 시키면서 각각의 심박수에서 심방자극간격을 각각 100, 125, 150, 175, 200 msec로 변화 시켰을 때의 Time Velocity Integral(TVI)을 측정하였다.

결 과 :

분당 50에서 80회까지의 심박수 범위 내에서의 TVI는 방실 자극 간격이 100 msec일 때 22.4±3.7, 125 msec일 때 22.8±4.0, 150 msec일 때 23.1±3.7, 175 msec일 때 22.9±4.1, 200 msec일 때 22.4±4.0로서, 150 msec의 방실 자극간격에서 최적의 TVI을 나타내었다($p<0.0001$). 각 심박수에서의 최적 방실 자극간격은 통계상 차이가 없었다. 최적의 방실 자극간격의 선형 추세 계수는 심박수가 분당 10회 증가될 때마다 5.4 msec의 감소율을 나타내었다. 개인별 최적 방실 자극간격은 125 msec에서 2예, 150 msec에서 5예, 175 msec에서 3예, 200 msec에서 1예가 있었으며, 가장 바람직하지 못한 방실 자극간격은 100 msec에서 4예, 150 msec에서 1예, 175 msec에서 2예, 200 msec에서 3예가 있었다. 개인별 최적 방실 자극간격에 대한 선형 추세 계수는 -2.5에서부터 +0.89까지 다양한 결과를 나타내었다(평균 -0.54).

결 론 :

분당 50에서 80회까지의 심박수 범위 내에서의 최적 방실 자극간격은 평균 150 msec이었으나, 심박수 변동에 따른 최적의 방실 자극간격의 변화 양상은 각 개인별로 다양성을 나타내었기 때문에, 심박수 변화에 따른 심기능의 개선을 위해서는 최적의 방실 자극간격 변화 양상에 대한 개별 선형 추세 계수를 구하여 적용해야 하겠다.

중심 단어 : 인공심박동기 · 심방실 연속조율 · 방실 전도 시간.

REFERENCES

1) Karlof I. *Hemodynamic effect of atrial triggered versus fixed rate pacing at rest and during exercise in complete*

heart block. Acta Med Scand 1975;197:195-206.
2) Burchel HB. *A clinical appraisal of atrial transport function. Lancet 1964;1:775-9.*
3) Skinner NS, Mitchell JH, Wallace AG, Sarnoff SJ. *Hemodynamic effects of altering the timing of the atrial systole. Am J Physiol 1963;205:499-503.*
4) Samet P, Bernstein WH, Nathan DA, Lopez A. *Atrial contribution to cardiac output in complete heart block. Am J Cardiol 1965;16:1-10.*
5) Kosowsky BD, Scherlag BJ, Damato AN. *Reevaluation of the atrial contribution to ventricular function: Study using His bundle pacing. Am J Cardiol 1968;21:518-24.*
6) Haskell RJ, French WJ. *Optimum AV interval in dual chamber pacemakers. PACE 1986;9:670-5.*
7) Hochleitner M, Hortnagl H, Ng CK, Hortnagl H, Gschnitzer F, Zechmann W. *Usefulness of physiologic dual-chamber pacing in drug-resistant idiopathic dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol 1990;66:198-202.*
8) Labovitz AJ, Williams GA, Redd RM, Kennedy HL. *Nonin-vasive assessment of pacemaker hemodynamics by Doppler echocardiography: Importance of left atrial size. J Am Coll Cardiol 1985;6:196-200.*
9) Janosik DL, Pearson AC, Buckingham TA, Labovitz AJ, Redd RM. *The hemodynamic benefit of differential atrioventricular delay intervals for sensed and paced atrial events during physiologic pacing. J Am Coll Cardiol 1989;14:499-507.*
10) Iwase H, Sotobata I, Yokota M, Takagi S, Jing HX, Kawai N, *et al. Evaluation by pulsed Doppler echocardiography of the atrial contribution to left ventricular filling in patients with DDD pacemakers. Am J Cardiol 1986;58:104-9.*
11) Sarnoff SJ, Gilmore JP, Mitchell JH. *Influence of atrial contraction and relaxation on closure of mitral valve: Observations on effects of autonomic nerve activity. Circ Res 1962;11:26-35.*
12) Braunwald E, Frahm CJ. *Studies on Starling's law of the heart. Ⅳ. Observations on the hemodynamic functions of the left atrium in man. Circulation 1961;24:633-42.*
13) Ishikawa T, Sumita S, Kimura, Kuji N, Nakayama R, Nagura T, *et al. Critical PQ interval for the appearance of diastolic mitral regurgitation and optimal PQ interval in patients implanted with DDD pacemakers. PACE 1994;17[Pt.Ⅱ]:1989-94.*
14) Frielingsdorf J, Gerber AE, Dur P, Vuilliomenet A, Bertel O, *et al. Importance of an individually programmed atrioventricular delay at rest and on work capacity in patients with dual chamber pacemakers. PACE 1994;17:37-45.*
15) Lau CP, Camm AJ. *Role of left ventricular function and Doppler-derived variables in predicting hemodynamic benefits of rate-responsive pacing. Am J Cardiol 1988;62:906-11.*
16) Rossi P, Rognoni G, Occhetta E, Aina F, Prando MD, Plicchi G, *et al. Respiration-dependent ventricular pacing compared with fixed ventricular and atrial-ventricular synchronous pacing: Aerobic and hemodynamic variables. J Am Coll Cardiol 1985;6:646-52.*
17) Fromer J, Kappenberger L, Bobotai I. *Subjective and objective response to single versus dual chamber pacing. J Electrophysiol 1987;17:534-9.*
18) Sedney MI, Weijers E, Van der wall EE, Adipranoto JD, Camps J, Blokland JA, *et al. Short-term and long-term changes of left ventricular volumes during rate-adaptive and single-rate pacing. PACE 1989;12:1863-8.*
19) Pehrsson SK, Hjemdahl P, Nordlander R, Astrom H. *A comparison of sympathoadrenal activity and cardiac performance at rest and during exercise in patients with ventricular demand or atrial synchronous pacing. Br Heart J 1988;60:212-20.*
20) Wirtzfeld A, Schmidt G, Himmler FC, Stangl K. *Physiological pacing: Present status and future developments. PACE 1987;10:41-56.*
21) Resnekov L. *Hemodynamic study before and after electrical conversion of atrial fibrillation and flutter to sinus rhythm. Br Heart J 1967;29:700-8.*
22) Naito M, David D, Michelson EL, Schaffenburg M, Dreifus LS. *The hemodynamic consequences of cardiac arrhythmias: Evaluation of the relative roles of abnormal atrioventricular sequencing, irregularity of ventricular rhythm and atrial fibrillation in a canine model. Am Heart J 1983;106:284-91.*
23) Samet P, Castillo C, Bernstein WH. *Hemodynamic consequences of sequential atrio-ventricular pacing. Subjects with normal hearts. Am J Cardiol 1968;21:207-12.*
24) Reiter MJ, Hindman MC. *Hemodynamic effects of acute atrio-ventricular sequential pacing in patients with left ventricular dysfunction. Am J Cardiol 1982;49:687-92.*
25) Krause I, Amman K, Conradson TB, Ryden L. *A comparison of the acute and long term hemodynamic effects of ventricular inhibited and synchronous ventricular inhibited pacing. Circulation 1982;65:846-55.*
26) Greenberg B, Chatterjee K, Parmley WW, Werner JA, Holly AN. *The influence of left ventricular filling pressure on atrial contribution to cardiac output. Am Heart J 1979;98:742-51.*
27) Moreira LFP, Costa R, Stolf NAG, Jatene AD. *Pacing rate increase as cause of syncope in a patient with a severe cardiomyopathy. PACE 1989;12:1027-9.*
28) Dritsas A, Joshi J, Webb S. *Optimal atrioventricular interval during DDD pacing: Relation to underlying ventricular function. PACE 1993;16:884 (Abstr).*
29) Lee JU, Kim KS, Kim JH, Lim HK, Lee BH, Lee CK. *PR interval behavior during exercise stress test. Korean J Intern Med 1995;2:137-42.*
30) Daubert C, Ritter PH, Mabo PH, Ollitrault J, Descaves C, Gouffault J. *Physiological relationship between AV interval and heart rate in healthy subjects: Applications to dual chamber pacing. PACE 1986;9:1032-9.*
31) Wehr M, Schmitt GG, Noll B, Krappe J, Pittner PM, Strauer BE. *The effect of heart rate and A-V interval on left ventricular ejection time (LVET) and contractility PEP/LVET in patients with A-V universal pacemaker. PACE 1985;8, Part Ⅱ, A9 (Abstr 35).*
32) Von Bibra H, Bush U, Stangl K, Wirtzfeld A. *The beneficial effect of short AV intervals in VDD pacemaker patients. PACE 1985;8, Part Ⅱ, A9 (Abstr).*
33) Perry GJ, Nanda NC. *Evaluation of pacemaker dynamics by Doppler echocardiography. J Electrophysiol 1987;1:173-88.*
34) Videen JS, Huang SK, Bazgan ID, Mechling E, Patton DD. *Hemodynamic comparison of ventricular pacing, at-*

rioventricular sequential pacing, atrial spontaneous ventricular pacing using radionuclide ventriculography. Am J Cardiol 1986;57:1305-8.

35) Tscheliessnigg KH, Stenzl W, Dacard D. *Hemodynamic importance of a constant AV delay. PACE 1985;8, Part Ⅱ, A38 (Abst 150).*

36) Kafka W, Hildebrandt U, Delius W. *Hemodynamic advantage of AV sequential pacing with respect of the AV delay. PACE 1985;8, Part Ⅱ, A38 (Abst 151).*

37) Mehta D, Gilmour S, Ward DE, Camm AJ. *Optimal atrioventricular delay at rest and during exercise in patients with dual chamber pacemakers: A non-invasive assessment by continuous wave Doppler. Br Heart J 1989;61:161-6.*

38) Hartzler GO, Maloney JD, Curtis JJ, Barnhorst DA. *Hemodynamic benefits of atrio-ventricular sequential pacing after cardiac surgery. Am J Cardiol 1977;40:232-6.*

39) Ritter PH, Daubert JC, Ollitrault J, De Place C, Paillard F, Descaves C. *Influence of atrial and ventricular electromechanical intervals on effective mechanical A-V interval: Consequences for programming an optimal AV delay in dual chamber pacing. PACE 1987;10, Part Ⅱ, 734 (Abst 419).*

40) Ritter PH, Daubert JC, Mabo C, Descaves C, Gouffault J. *Haemodynamic benefit of a rate-adapted A-V delay in dual chamber pacing. Eur Heart Journal 1989;10:637-46.*

41) Wish M, Fetcher RD, Gottdiener JS, Cohen AI. *Importance of left atrial timing in the programming for dual chamber pace-makers. Am J Cardiol 1987;60:566-71.*

42) Rees M, Haennel RG, Black WR, Kappagoda T. *Effect of rate-adapting atrioventricular delay on stroke volume and cardiac output during atrial synchronous pacing. Can J Cardiol 1990;6:445-52.*