

인공심박동시 관혈적 수축기 시간간격의 변화*

— 심방심실, 심실심방연속자극 및 심실자극에 따른 변화 —

가톨릭대학 의학부 내과학교실

채장성 · 박준철 · 김종상 · 김재형 · 홍순조 · 최규보 · 김학중

=ABSTRACT=

Systolic Time Interval in Cardiac Pacing

— Comparison of Atrioventricular, Ventriculoatrial and Ventricular Pacing —

Jang Seong Chae, M.D., Jun Chul Park, M.D., Jong Sang Kim, M.D.,

Jae Hyung Kim, M.D., Soon Jo Hong, M.D., Kyu Bo Choi, M.D.,

Hak Joong Kim, M.D.

Department of Internal Medicine, Catholic University Medical College, Seoul, Korea

Permanent electrostimulation is the therapy of choice for syncope due to bradycardic rhythm disturbance.

In maintaining optimal hemodynamic function, the role of atrial systole has been well recognized and the time relationship between atrial and ventricular systole have great relation with cardiac output.

Assessment of optimal mode of cardiac pacing by noninvasive method is very important for the best hemodynamic effect.

To evaluate the usefulness of systolic time interval for optimal pacing mode, we calculated systolic time interval by using ventricular pacing spike on electrocardiogram to aortic opening time/left ventricular ejection time by aortic pressure curve (invasive PEP/LVET) in various modes of cardiac pacing and measured cardiac output by thermodilution method simultaneously in 9 mongrel dogs.

Basal pacing cycle length were 300 msec, and the atrioventricular (AV) and ventriculoatrial (VA) interval during AV & VA sequential pacing were set at 30 msec, 60 msec and 90 msec.

The result were as follows:

1) The cardiac output at AV interval of 90 msec (1.65 ± 0.23 L/min) is significantly higher than 30 msec (1.38 ± 0.19 L/min) in AV sequential pacing.

2) The cardiac output in ventricular pacing is higher than VA sequential pacing, but no

*이 논문은 1987년도 가톨릭 중앙의료원 학술연구보조비로 이루어진 것임.

significant changes noted among VA interval 90 msec, 60 msec and 30 msec.

3) The invasive PEP/LVET at AV interval of 90 msec (0.85 ± 0.17) is significantly lower than 60 msec (0.97 ± 0.16) and 30 msec (1.01 ± 0.16) in AV sequential pacing.

4) The invasive PEP/LVET among VA sequential pacing with 90 msec, 60 msec, 30 msec interval and ventricular pacing did not show any significant difference.

5) When AV interval changes from 90 msec to 30 msec during AV sequential pacing, cardiac output decreased and invasive PEP/LVET increased.

6) In VA sequential pacing, there were no changes of cardiac output and invasive PEP/LVET when VA interval changes from 90 msec to 30 msec.

In conclusion, systolic time interval can be used for estimation of hemodynamic changes during AV sequential pacing considering our results and other authors' results of high correlation between invasive & noninvasive PEP/LVET.

Key Words: Systolic time interval. Cardiac pacing.

서 론

동성기전부전이나 완전방실차단 등 서맥성 질환 시 심혈역학적 기능의 유지를 위하여 인공심박동기가 이용되어 왔으며 심방, 심실, 심방심실연속 자극 등의 방법이 있다¹⁾. 종래는 심실자극에 의한 방법이 많이 사용되어 왔으나 이는 시술하기는 간편하나 심방심실수축의 연속성이 없을뿐 아니라 심방으로의 역행성 수축에 의한 심박동기 증후군 등 문제점이 많이 있다^{2,3)}.

심방수축의 중요성은 정상 심기능뿐 아니라 심실기능부전의 경우도 임상적으로 중요하며⁴⁾ 또한 심방수축과 심실수축의 시간간격은 심박출량에 매우 중요하다. 이런 면에서 심방자극방법은 심혈역학적으로 가장 우수하나 방실전도계 이상시 사용할 수 없어 이의 사용에 많은 제한이 있다^{5,6)}.

최근 심방심실연속자극의 심박동기가 이용됨에 따라 심박동기의 최상의 심방심실자극간격이 중요한 문제로 되었다⁷⁾.

심혈역학적으로 가장 좋은 심방심실자극간격을 얻기 위하여 관혈적으로 심도자를 이용하여 심박출량을 측정하는 방법과 비관혈적으로 심Doppler를 이용하는 방법⁸⁾ 및 radionuclide ventriculography^{9,10)} 등이 쓰이고 있으나 보편화되는데는 관혈적

이나 설비 등 제한이 있다. 이에 저자들은 정상잡전에서 심방심실연속자극, 심실심방역행성 연속자극을 자극간격 90msec, 60msec, 30msec 및 심실자극으로 바꿀 때 심도자에 의한 대동맥파와 심전도를 이용한 관혈적 수축기 시간간격(preejection period/left ventricular time: PEP/LVET)의 변화를 심박출량의 변화와 함께 관찰하였다.

대상 및 방법

실험동물은 건강한 체중 14.5~15.5kg의 한국산 잡견 9마리를 암수 구분없이 사용하였다.

실험동물은 실험 6시간전부터 금식시키고 ketamine(5mg/kg)을 근육주한 후 thiopental sodium(15mg/kg)을 정주하여 마취시켰으며 자연호흡하에서 양측의 고정맥 및 우측의 고동맥을 노출시켜 우측 고동맥을 통하여는 pigtail 도자(cordis사, 6F)를 삽입하여 역행성으로 상행동맥에 그 침단공을 위치시켜 대동맥파를 기록하였고 우측 고정맥으로는 Swan-Ganz도자(Edward 5F)를 삽입하여 그 침단공을 폐동맥, 후단공을 우심방 유출로에 위치시킨 다음 심박출량은 후단공으로 thermodilution injector(USCI # 730,000)를 사용하여 0℃의 생리적 식염수를 주입하여 thermodilution microcomputer (Edward사)로 측정하였다. 좌측 고정맥으로는 2

Table 1. Cardiac output and PEP/LVET by various pacing modes

Pacing Modes	Cardiac output (%) (L/min)	PEP/LVET
RVP	1.35 \pm 0.19 (81.8)	1.07 \pm 0.15
AV(90)	1.65 \pm 0.23 (100)	0.85 \pm 0.17
AV(60)	1.55 \pm 0.26 (93.6)	0.97 \pm 0.16
AV(30)	1.38 \pm 0.19 (83.3)	1.01 \pm 0.16
VA(90)	1.13 \pm 0.15 (68.3)	1.10 \pm 0.17
VA(60)	1.07 \pm 0.12 (64.5)	1.10 \pm 0.13
VA(30)	1.06 \pm 0.10 (63.9)	1.12 \pm 0.17

RVP: right ventricular pacing

AV (90) & VA (90): atrioventricular & ventriculoatrial sequential pacing 90 msec interval.

PET/LVET: Preejection period/left ventricular ejection time by invasive method.

개의 양전극의 전극도자(USCIA사, 5F)를 삽입하여 하나는 우심실 심첨부에 다른 하나는 우심방 상부에 위치시켜 이를 심장내 심전도 및 X-ray 투시 (Toshiba MODEL SXT-6-6)로 확인후 고정시켰다.

상기 조작이 완료된 후 우심방 상부와 우심실 심첨부에 위치한 전극도자에 cardiac stimulator (Sanei 3F51)를 사용하여 pulse width 1msec, diastolic two threshold amplitude로 300msec 주기로 심방심실, 심실심방 연속자극 및 심실자극을 시행하였으며, 연속자극시 자극간격은 각각 30msec, 60msec 및 90msec로 하였다. 각각의 자극방법에 대해 대동맥과 심전도 및 심박출량을 측정하였으며 각각의 측정은 자극 5분 이후에 실시하였으며

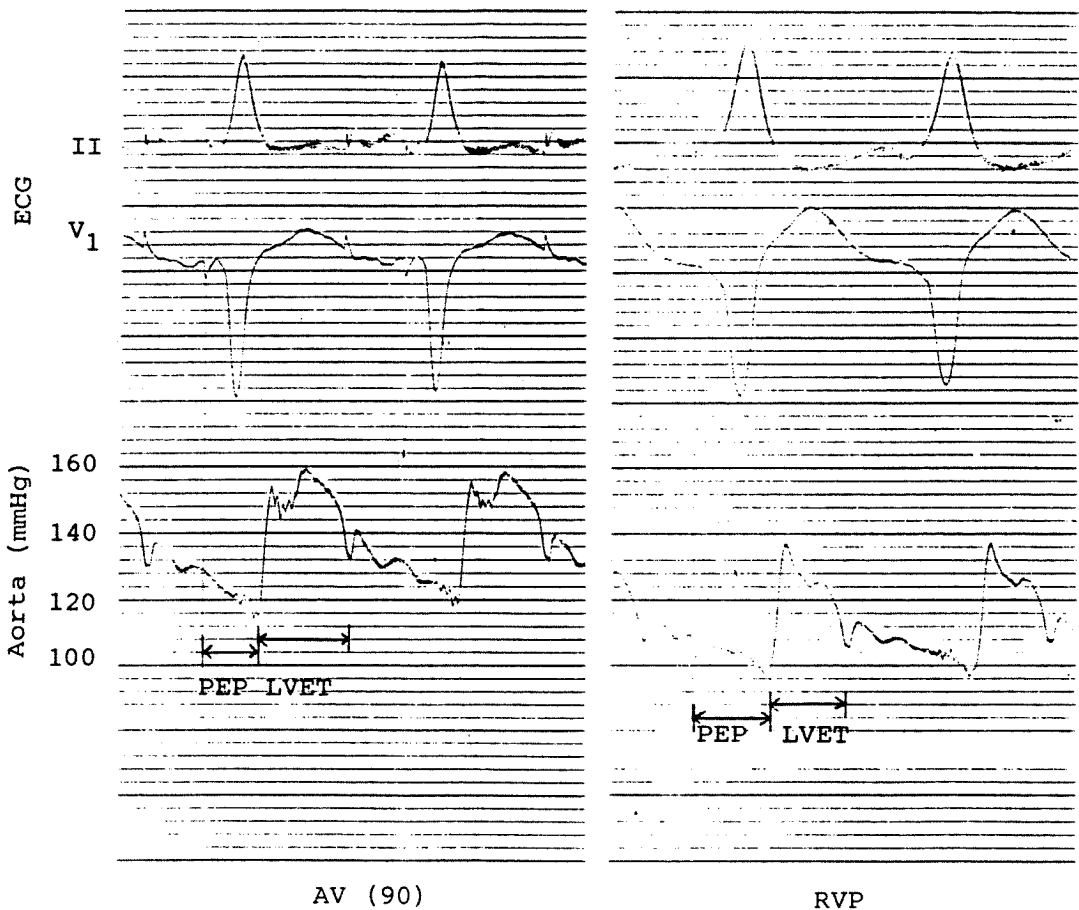


Fig. 1. Aortic pressure and electrocardiogram during AV sequential (90 msec) & ventricular pacing.

심박출량은 3 회이상 측정하여 평균하였다. 심전도 및 대동맥파는 6 channel polygraph(Sanei 146-6) 을 사용하여 100mm/sec로 기록하였다.

수축기 시간간격측정의 구동전기 (preejection period)는 심실박동 자극부터 대동맥압파의 급상향곡선 기시부까지의 시간으로 하였으며 구동기 (ejection time)는 대동맥압파 급상향곡선 기시부에서 dicrotic notch 까지의 시간을 측정하였다. 성적은 Bonferroni t test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

성 적

1. 심박출량의 변화

a) 심방 심실연속자극 :

자극간격 90 msec시 1.65 ± 0.23 L/min로 30 msec시 1.38 ± 0.19 L/min보다 큰 심박출량을 보였다($p < 0.05$).

b) 심실자극 및 심실심방역행성 연속자극 :

심실자극시 1.35 ± 0.19 L/min로 심실심방역행성 자극 90 msec(1.13 ± 0.15 L/min), 60 msec(1.07 ± 0.12 L/min), 및 30 msec(1.06 ± 0.10 L/min) 보다 컸으며 심실심방역행성자극은 자극간격에 따른 변화는 보이지 않았다(Table 1).

2. 관혈적 수축기 시간간격의 변화

a) 심방 심실연속자극 :

자극간격 90 msec시 0.85 ± 0.17 로 60 msec(0.97 ± 0.16)나 30 msec(1.01 ± 0.16)보다 유의하게 작았다($p < 0.05$).

b) 심실자극 및 심실심방역행성 연속자극 :

심실자극시 1.07 ± 0.15 , 심실심방역행성자극 90 msec시 1.10 ± 0.17 , 60 msec시 1.10 ± 0.13 , 30 msec시 1.12 ± 0.17 로 서로간의 차이는 보이지 않는다(Table 1, Fig. 1).

3. 심박출량과 관혈적 수축기 시간간격

a) 심방 심실연속자극 :

연속자극간격이 90 msec에서 30 msec로 짧아질

수록 심박출량의 감소를 보이며 관혈적 수축기 시간간격은 증가를 보였다.

b) 심실심방역행성자극 :

자극간격에 따라 심박출량과 관혈적 수축기 시간간격은 특별한 변화를 보이지 않았다.

고 찰

인공심박동기는 서맥성 심질환의 심혈역학 유지에 필수적으로 상태에 따라 심방자극 심실자극 및 심방심실연속자극 등의 방법이 이용되고 있다.

최상의 심박출량을 유지하기 위하여 심방의 역할이 중요하여^{11,12,13}, 심방자극이나 심방심실연속자극시 심실자극보다 심박출량의 15~34% 증가를 관찰할수 있다^{5,14}. 저자들의 경우도 심실자극에 비하여 심방심실연속자극 자극간격 90 msec 경우 22% 증가된 심박출량을 얻었다. 또한 심실자극에 의한 역행성 심방전도를 인위적으로 심실심방연속자극하면 심박출량의 상당한 감소를 보여^{4,8} 심실심방역행성 연속자극시 심방심실연속자극 90 msec에 비해 64~68% 정도의 심박출량이었다.

실험동물의 정상상태에서 심전도의 PR 간격은 100 ± 4.6 msec이었으며 심방심실연속자극시 자극간격이 90 msec에서 60 msec, 30 msec로 좁혀감에 따라 심박출량은 1.65 L/min에서 1.55 L/min, 1.38 L/min로 감소하여 심방심실자극간격의 중요성을 관찰할수 있다. 또한 심방심실자극간격이외의 자극시간과 심장의 수축시간의 차이는 심방심실수축시간간격과 연관되어¹⁵ Hartzler는 만성 방실차단의 경우 심방심실자극간격이 150 msec가 최적이나 급성심근경색의 경우 100 msec 또는 그 이하에서 최적의 심박출량을 얻어 심방심실수축간격의 중요성을 말하고 있다⁹. 저자들의 경우 실험동물 각 개체에서 자극과 수축시간간격은 일정하여 심방심실자극간격의 변화에따른 수축시간의 차이는 없을 것으로 생각된다. 이와같이 심방심실연속자극은 혈역학적으로 매우 중요하며 최상의 심혈역학상태의 심방심실자극간격을 알기 위하여 관혈적 심박출량 측정과 비관혈적 radionuclide ventriculography, 심Doppler를 이용하는 방법이 있으나 이

들이용에는 많은 제한이 있다.

수축기 시간간격은 심장의 기능을 간단하게 비관혈적으로 검사할수 있는 방법으로 많이 이용되어 왔다¹⁶⁾. 이는 구동전기와 구동시간을 이용하며 구동전기는 electromechanical delay와 isovolumic contraction time으로 나누어진다. 인공심박동기의 경우 심실자극은 우심실 심첨부 심내막을 자극함으로써 좌각지 차단과 같은 모양을 보인다. 좌각지 차단시는 구동전기중 isovolumic contraction 보다 주로 electromechanical delay에 영향을 주어 정상전도도에 의한 수축기 시간간격에 비하여 현저하게 증가되어 임상적의의를 부과하기 힘들다하나¹⁷⁾ 저자들의 경우는 동일한 개체에서 심방심실 자극간격 변화에 따른 심전도와 대동맥압파를 심박출량과 함께 측정하여 임상적 의의를 관찰하였다.

Wehr 등은 사람에서 인공심박동기 수축기 시간간격은 심박동수 82/min로 심실자극시 0.89 ± 0.1 , 심방심실연속자극시 자극간격 175 msec 및 200 msec에서 0.80 ± 0.1 로 유의있는차이를 관찰하였으며¹⁸⁾ 저자들의 경우 관혈적 수축기 시간간격은 심실자극시 1.07 ± 0.15 로 심방심실 연속자극 90 msec 0.85 ± 0.17 과 유의있게 차이 있었다. 심방심실연속자극의 변화는 자극간격 90 msec에서 30 msec로 짧아질수록 심박출량은 1.65 L/min에서 1.38 L/min로 감소를 보이며 관혈적 수축기 시간간격은 0.85 ± 0.17 에서 1.01 ± 0.16 으로 증가하였다. 인위적 심실심방역행성 연속자극의 경우 관혈적 수축기 시간간격은 자극간격 90 msec, 60 msec 및 30 msec에서 각각 1.10 ± 0.17 , 1.10 ± 0.13 및 1.12 ± 0.17 로 서로간의 차이는 없었고 심실자극시 1.07 ± 0.15 와도 차이가 없었다. 심박출량은 심실자극시 심실심방역행성자극에 비해 많으나 관혈적 수축기 시간간격에는 차이가 없어 관혈적 수축기 시간간격은 심방심실연속 자극이나 심실자극의 혈역학 관계에 이용될수 있을 것으로 보인다.

저자들의 경우 심도자에 의한 대동맥압파와 심전도에 의한 관혈적 수축기 시간간격을 측정하였으나 체외에서 측정한 비관혈적 수축기 시간간격은 관혈적으로 측정한 수축기 시간간격과 매우 상

관관계가 높아^{19,20)} 수축기 시간간격은 인공심박동기의 최상의 혈역학을 유지하기 위하여 비관혈적으로 이용할수 있는 방법으로 사료된다.

결 론

저자들은 9마리의 정상잡견을 사용하여 심방심실, 심실심방 연속자극 및 심실자극을 시행하여 심박출량의 변화 및 심전도와 대동맥압파를 이용하여 관혈적으로 측정한 수축기 시간간격의 변화를 관찰하였다.

1) 심박출량은 심방심실연속자극시 자극간격 90 msec는 30 msec에 비해 유의있게 컸다.

2) 심박출량은 심실자극시 심실심방역행성자극 90 msec, 60 msec 및 30 msec보다 컸으나 역행성자극간격의 변화에 따른 차이는 보이지 않았다.

3) 관혈적 수축기 시간간격은 심방심실 연속자극시 90 msec에서 60 msec나 30 msec에 비해 유의하게 낮았다.

4) 관혈적 수축기 시간간격은 심실심방연속자극 90 msec, 60 msec 및 30 msec나 심실자극시 서로간의 차이는 보이지 않았다.

5) 심박출량과 관혈적 수축기 시간간격은 심방심실연속자극시 자극간격 90 msec에서 30 msec로 짧아질수록 심박출량의 감소를 보이며 관혈적 수축기 시간간격은 증가하였다.

6) 심박출량과 관혈적 수축기 시간간격은 심실심방역행성자극시 자극간격에 따른 차이는 보이지 않았다.

결론적으로 인공심박동기의 심방심실연속자극시 자극간격에 따른 심박출량의 변화는 수축기 시간간격으로 관찰할수 있을것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Ludmer PL & Goldschlager N: *Cardiac pacing in the 1980s*. *N Engl J Med* 311, 1971, 1984
- 2) El Gamal MIH & Von Gelder LM: *Chronic ventricular pacing with ventriculo-atrial conduction versus atrial pacing in three patients*

- with symptomatic sinus bradycardia. *PACE* 4:100, 1981
- 3) Ausubel K & Furman S: *The pacemaker syndrome*. *Ann Intern Med* 103:420, 1985
 - 4) Naito MN, Dreifus LS, David D, Michelson EL, Mardelli TJ & Kmetzo JJ: *Reevaluation of the role of atrial systole to cardiac hemodynamics; Evidence for pulmonary venous regurgitation during abnormal atrioventricular sequencing*. *Am Heart J* 105:295, 1983
 - 5) Hartzler GO, Maloney JD, Curtis JJ & Barnhorst DA: *Hemodynamic, and ventriculographic considerations*. *Circulation* 43: 279, 1971.
 - 6) Skinner NS, Mitchell JH, Wallace AG & Sarnoff SJ: *Hemodynamic effects of altering the timing of atrial systole*. *Am J Physiol* 205:499, 1963
 - 7) 채장성 · 김학중 : 인공심박동이 심혈역학에 미치는 영향. 가톨릭대학 의학부 논문집 38:1165, 1985
 - 8) Stewart WJ, Dicola VC, Harthorne JW, Gillam LD & Weyman SE: *Doppler ultrasound measurement of cardiac output in patients with physiologic pacemakers. Effects of left ventricular functions and retrograde ventriculoatrial conduction*. *Am J Cardiol* 54:308, 1984
 - 9) Nitsch J, Seiderer M, Bull U & Luederitz B: *Evaluation of left ventricular performance by radionuclide ventriculography in patients with atrioventricular versus ventricular demand pacemakers*. *Am Heart J* 197:906, 1984
 - 10) Vidden JS, Huang SK, Bazgan ID, Mechling EM & Patton DD: *Hemodynamic comparison of ventricular pacing, atrioventricular sequential pacing, and atral synchronous ventricular pacing using radionuclide ventriculography*. *Am J Cardiol* 57:1305, 1986
 - 11) Love JC, Haffajee CI, Gore JM & Alpert JS: *Reversibility of hypotension and shock by atrial or atrioventricular sequential pacing in patients with right ventricular infarction*. *Am Heart J* 108:5, 1984
 - 12) Samet P, Castillo C & Bernstein WH: *Hemodynamic consequences of sequential atrioventricular pacing*. *Am J Cardiol* 21:207, 1968
 - 13) 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* 98:742, 1979
 - 14) Gascon D, Errazquin F, Nieto J, Liebana J, Gil-Fournier, M & Castillon L: *A-V sequential pacing hemodynamics*. Feruglio, georgio A, ed. *Cardiac Pacing; electrophysiology and pacemaker technology*, Padova, Italy. 681, 1982
 - 15) Alt E, Krieg HJ, Bibra HV, Wirtzfeld A: *Advances in physiological pacing. DDD pacing; what is the most favorable AV interval*. *medplan*. 39, 1980
 - 16) Lewis RP, Ritgers SE, Forester WF & Bodoulas H: *A critical review of the systolic time intervals*. *Circulation* 56:146, 1979
 - 17) Haft JJ, Herman MV & Gorlin R: *Left bundle branch block. Etiologic, hemodynamic, and ventriculographic considerations*. *Circulation* 43:279, 1971
 - 18) Wehr M, Sohmitt CG, Pettner PM: *Advances in physiological pacing. Noninvasive evaluation of ventricular function during atrioventricular sequential and ventricular pacing using systolic time interval*. *Medplan* 79, 1985
 - 19) De Werf FV, Piessens J, Kesteloot H & Geest HD: *A comparison of systolic time intervals derived from the central aortic pressure and from the external carotid pulse tracing*. *Circulation* 51:310, 1975
 - 20) Martin CE, Shaver JA, Thompson ME, Reddy PS & Leonard JJ: *Direct correlation of external systolic time intervals with internal indices of left ventricular function in man*. *Circulation* 44:419, 1971