

## 右室流出路ペーシングの心行動態への影響

## Hemodynamic Effects of Right Ventricular Outflow Pacing

石川 利之  
住田 晋一  
菊池美也子  
小菅 雅美  
菅野 晃靖  
重政 朝彦  
猿 渡 力  
久慈 直光  
木村 一雄  
栃久保 修  
石井 當男

Toshiyuki ISHIKAWA, MD  
Shinichi SUMITA, MD  
Miyako KIKUCHI, MD  
Masami KOSUGE, MD  
Teruyasu SUGANO, MD  
Tomohiko SHIGEMASA, MD  
Tsutomu ENDO, MD  
Naomitsu KUJI, MD  
Kazuo KIMURA, MD  
Osamu TOCHIKUBO, MD  
Masao ISHII, MD, FJCC

### Abstract

The effects of right ventricular outflow pacing were studied in 13 patients (mean [ $\pm$ SD] 69.8 $\pm$ 8.2 years old). All patients received DDD pacemakers except two patients with implanted VVI pacemakers who had chronic atrial fibrillation.

Cardiac output and pulmonary capillary wedge pressure were measured by Swan-Ganz catheter. Pacing rate was fixed at 70-80/min and atrioventricular delay was fixed at 165 msec. When the pacing site was changed from the right ventricular apex to the right ventricular outflow during right ventricular pacing in 11 patients, cardiac output increased from 3.3 $\pm$ 0.6 to 3.4 $\pm$ 0.5 l/min ( $p$ <0.001), and wedge pressure decreased from 9.3 $\pm$ 1.9 to 8.8 $\pm$ 2.0 mmHg ( $p$ <0.05). When the pacing site was changed from the right ventricular apex to the right ventricular outflow during atrioventricular sequential pacing in eight patients, cardiac output increased from 3.9 $\pm$ 0.4 to 4.0 $\pm$ 0.4 l/min ( $p$ <0.05), and wedge pressure decreased from 7.1 $\pm$ 2.3 to 6.6 $\pm$ 2.1 mmHg ( $p$ <0.05). When the pacing site was changed from the right ventricular apex to the right ventricular outflow in seven patients with ejection fraction (EF) greater than 55%, cardiac output increased from 3.6 $\pm$ 0.5 to 3.7 $\pm$ 0.4 l/min ( $p$ <0.05), and in four patients with EF less than 55%, it increased from 2.9 $\pm$ 0.4 to 3.0 $\pm$ 0.4 l/min ( $p$ <0.01).

Cardiac function was improved by right ventricular outflow pacing compared to right ventricular apex pacing regardless of the pacing mode or cardiac function.

J Cardiol 1997; 30 (3): 125-130

### Key Words

Cardiac pacing (artificial), Cardiac output, Heart block, Hemodynamics

### はじめに

ペースメーカー植え込み患者において、ペーシング部位により心機能に差が生じる可能性があるが、これ

までのところ一定の見解はない<sup>1-11)</sup>。ペーシング部位により心機能に差がないとする報告もある<sup>1,2,5,6,11)</sup>が、右室ペーシングより左室ペーシングのほうが心機能が良好であるとする報告もある<sup>3,4,7,8)</sup>。更に、最近では、右

横浜市立大学医学部附属浦舟病院 第二内科：〒232 横浜市区南区浦舟町 3-46

The Second Department of Internal Medicine, Urafune Hospital, Yokohama City University School of Medicine, Yokohama

Address for reprints: ISHIKAWA T, MD, The Second Department of Internal Medicine, Urafune Hospital, Yokohama City University School of Medicine, Urafune-cho 3-46, Minami-ku, Yokohama 232

Manuscript received March 24, 1997; revised June 2, 1997; accepted June 20, 1997

**Table 1** Changes in cardiac output and pulmonary capillary wedge pressure when the pacing site was changed from the right ventricular apex to the right ventricular outflow

Case	Age (yr)	Gender (M/F)	EF (%)	Ventricular pacing				AV sequential pacing			
				RV apex pacing		RV outflow pacing		RV apex pacing		RV outflow pacing	
				CO (l/min)	PCWP (mmHg)	CO (l/min)	PCWP (mmHg)	CO (l/min)	PCWP (mmHg)	CO (l/min)	PCWP (mmHg)
1	55	F	71	3.3	7	3.5	6	4.0	3	4.1	3
2	70	F	54	3.4	10	3.6	9	3.7	6	3.9	5
3	65	F	64	4.1	8	4.1	8	4.1	8	4.1	8
4	82	M	43	2.6	7	2.7	7	3.1	6	3.1	6
5	57	F	72	3.4	9	3.6	9	3.7	7	3.8	6
6	74	M	62	4.1	12	4.2	11	4.3	8	4.5	8
7	64	F	72					4.3	8	4.6	7
8	71	F	68					4.2	11	4.2	10
9	80	F	75	3.9	13	3.9	13				
10	67	F	67	2.8	9	3.0	9				
11	71	F	75	3.3	8	3.5	8				
12	72	M	54	2.5	9	2.7	7				
13	79	M	40	3.0	10	3.1	10				
Mean ± SD	69.8 ± 8.2		62.8 ± 11.7	3.3 ± 0.6	9.3 ± 1.9	3.4 ± 0.5	8.8 ± 2.0	3.9 ± 0.4	7.1 ± 2.3	4.0 ± 0.4	6.6 ± 2.1

AV=atrioventricular; RV=right ventricular; EF=ejection fraction; CO=cardiac output; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure; M=male; F=female.

室心尖部ペースングより右室流出路部ペースングのほうが心機能が良好であるという報告がある<sup>9,10</sup>。重症心不全症例においては両心室ペースングが試みられ、その有用性が報告されている<sup>10,12,13</sup>。しかしながら、単一の電極を利用して、ペースング部位を変更することにより心機能が改善するならば、臨床上有用であるといえる。

同一患者において、心室ペースングならびに心房心室順次ペースング中に、右室におけるペースング部位を右室心尖部および中隔側右室流出路において施行し、右室におけるペースング部位が心機能に与える影響について検討した。

### 対象と方法

対象は、完全房室ブロック、高度房室ブロックもしくは徐脈性心房細動によりペースメーカーを植え込まれた13例(平均[±SD]69.8±8.2歳)である(**Table 1**)。症例4, 13に陳旧性心筋梗塞を認める以外、基礎心疾患を認めなかった。慢性心房細動の2例(症例12, 13)にVVIペースメーカーが用いられた以外は、DDDペースメーカーであった。左室流出路狭窄を認めた症例はなかった。全員に本研究について説明し、本研究

に参加することの同意を得た。

右室心尖部ペースングおよび心室中隔側右室流出路ペースングを5分間以上施行し、血行動態が安定してから、Swan-Ganzカテーテルにて心拍出量および肺動脈楔入圧(以下、楔入圧)を測定した。ペースング・レートは70–80/min、房室遅延時間は165 msecに固定した。

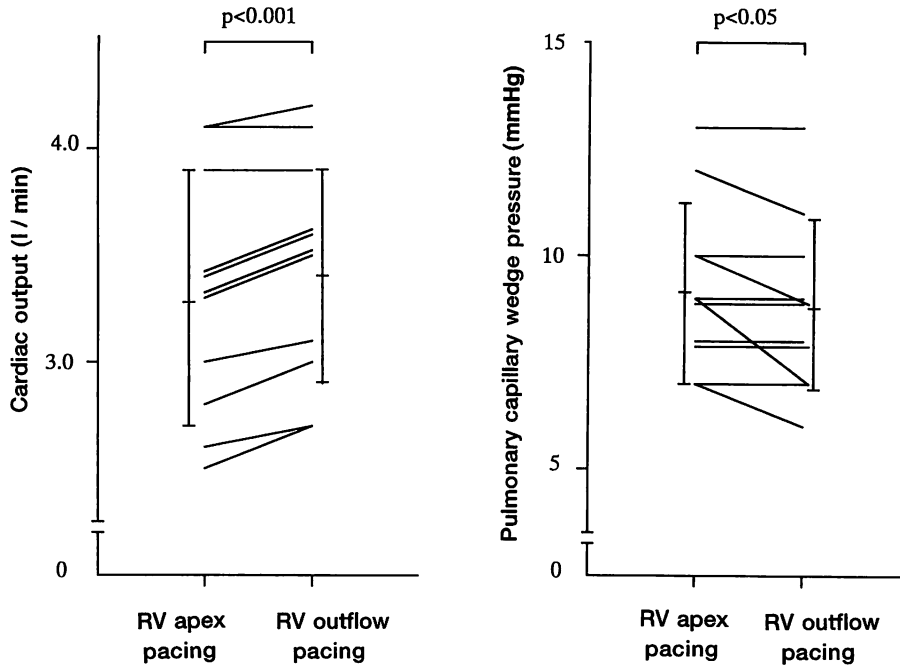
心エコー図法にて左室径を測定し、左室駆出率(以下、駆出率)を求めた<sup>14</sup>。

結果は平均[±SD]で表現し、統計学的検討は、Studentの*t*検定を用い、*p*<0.05をもって有意差の判定とした。

### 結 果

13例の駆出率の平均は62.8±11.7%であった。結果は**Table 1**に示す。

11例において、心室ペースング時、右室心尖部より、右室流出路ペースングに変更することにより、心拍出量は3.3±0.6から3.4±0.5 l/minに増加し(*p*<0.001)、楔入圧は9.3±1.9から8.8±2.0 mmHgとなった(*p*<0.05; **Fig. 1**)。8例において、心房心室順次ペースング時、右室心尖部より右室流出路へとペースング部位を変更することにより、心拍出量は3.9±0.4から



**Fig. 1** Changing the pacing site from the right ventricular apex to the right ventricular outflow caused cardiac output to increase from  $3.3 \pm 0.6$  to  $3.4 \pm 0.5$  l/min ( $p < 0.001$ ; left), and pulmonary capillary wedge pressure to decrease from  $9.3 \pm 1.9$  to  $8.8 \pm 2.0$  mmHg ( $p < 0.05$ ; right) during right ventricular pacing in 11 patients

Abbreviation as in Table 1.

$4.0 \pm 0.4$  l/min に増加し ( $p < 0.05$ ), 楔入圧は  $7.1 \pm 2.3$  から  $6.6 \pm 2.1$  mmHg に低下した ( $p < 0.05$ ; Fig. 2).

左室駆出率 55% 以上の 7 例においては, 心室ペースング時, 心拍出量は  $3.6 \pm 0.5$  から  $3.7 \pm 0.4$  l/min に増加した ( $p < 0.05$ ). 楔入圧は  $9.4 \pm 2.2$  から  $9.1 \pm 2.3$  mmHg となった (有意差なし; Fig. 3). 一方, 55% 未満の 4 例においても心拍出量は  $2.9 \pm 0.4$  から  $3.0 \pm 0.4$  l/min に増加した ( $p < 0.01$ ). 楔入圧は  $9.0 \pm 1.4$  から  $8.3 \pm 1.5$  mmHg となった (有意差なし; Fig. 4).

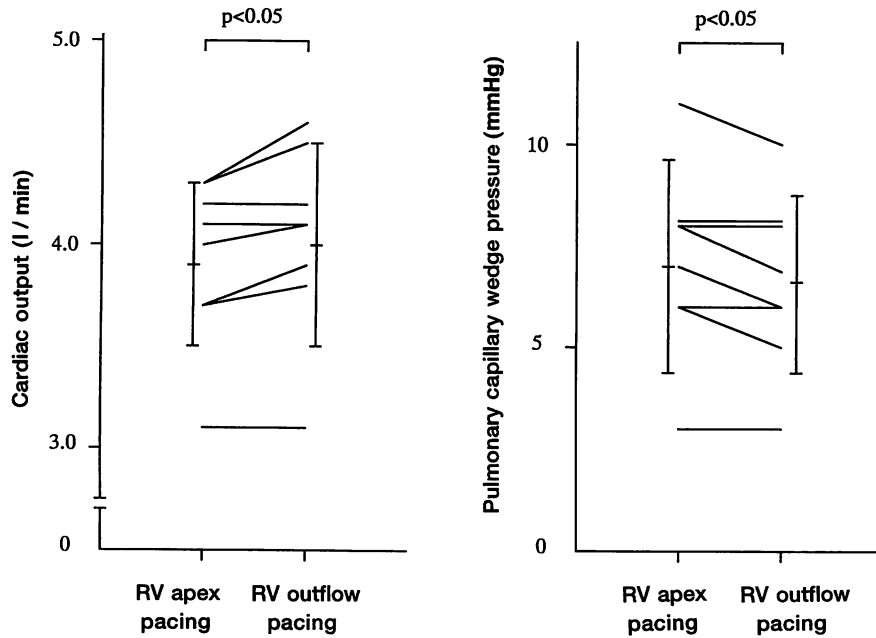
## 考 察

右室心尖部ペースングは左脚ブロック・パターンを呈し, 正常刺激伝導路を伝導した場合に比べ血行動態上不利であるとされる<sup>15,16</sup>。

これまでも心機能改善のために, 生理的ペースング, 房室遅延時間の至適化など, 様々な試みがなされてきた<sup>17</sup>。ペースング部位により心機能に差が生じる可能性があり, 心不全症例においては両心室ペースングも試みられている<sup>10,12,13</sup>。また, 左室流出路狭窄を有する症例では, 右室心尖部ペースングにより圧較差が改善することが報告されており, ペースング部位の重要性が示唆されている<sup>18</sup>。

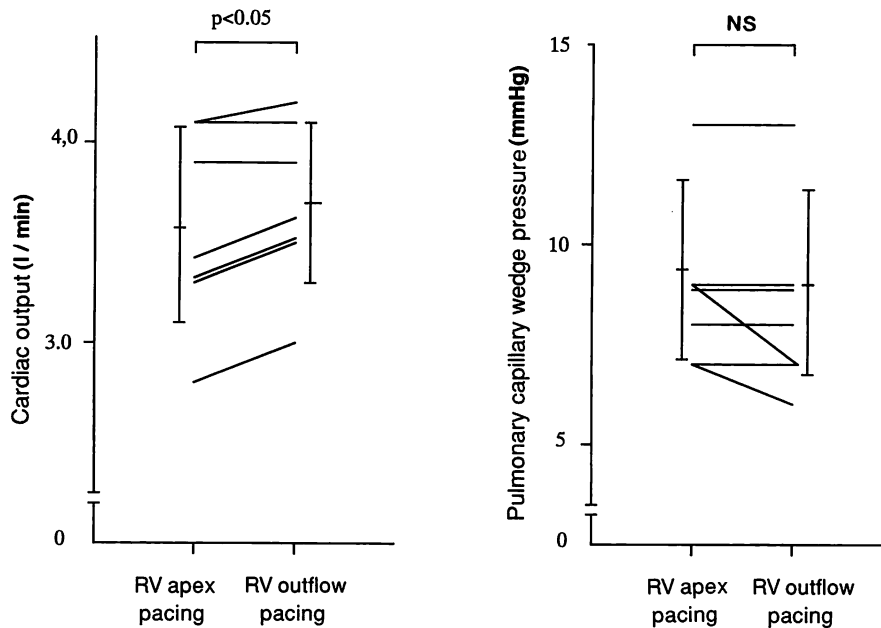
単一の電極を使用し, 単にペースング部位を変更することにより心機能が改善するならば, 臨床上有用であるが, その効果には一定の見解はない<sup>1-11</sup>。これまでの多くの研究は, 完全房室ブロックを作成した実験動物で, 非生理的心室ペースングを施行した時の結果である<sup>1-6,9,11</sup>。これまでの報告における相違の原因としては, 動物による種差, ペースングが心内膜側<sup>7,9,10</sup>か心外膜側 (非中隔側)<sup>1-6,8,11</sup> による違い, たとえ生理的心室ペースングであっても, ペースング心拍数, 房室遅延時間などのペースング条件が非生理的<sup>8</sup> なことによる可能性もあると考えられる。そのため今回は同一対象において, ペースング心拍数, 房室遅延時間などが生理的な範囲で, 心内膜におけるペースング部位が心機能に与える影響を検討した。

左室流出路狭窄を含まない今回の検討では, 心室ペースング, 心房心室順次ペースングのいずれにおいても, 右室流出路ペースングのほうが右室心尖部ペースングより心機能が良好となる症例が多かった。また, 心機能正常例, 心機能低下例いずれにおいても, 右室流出路ペースングのほうが右室心尖部ペースングより心機能の良好な症例が多かった。しかしながら, ペースング部位の差より, 生理的ペースングによる心機



**Fig. 2** Changing the pacing site from the right ventricular apex to the right ventricular outflow caused cardiac output to increase from  $3.9 \pm 0.4$  to  $4.0 \pm 0.4$  l/min ( $p < 0.05$ ; left), and pulmonary capillary wedge pressure to decrease from  $7.1 \pm 2.3$  to  $6.6 \pm 2.1$  mmHg ( $p < 0.05$ ; right), during atrioventricular sequential pacing in eight patients

Abbreviation as in Table 1.



**Fig. 3** Changing the pacing site from the right ventricular apex to the right ventricular outflow in seven patients with ejection fraction  $> 55\%$  caused cardiac output to increase from  $3.6 \pm 0.5$  to  $3.7 \pm 0.4$  l/min ( $p < 0.05$ ; left), and pulmonary capillary wedge pressure to decrease from  $9.4 \pm 2.2$  to  $9.1 \pm 2.3$  mmHg (NS; right) during right ventricular pacing

Abbreviation as in Table 1.

能改善のほうがはるかに大きいことには注意を要する<sup>9,10,19)</sup>。したがって、右室流出路ペースングによる心機能改善はあくまでも付加的なものであり、まず生理的ペースングを優先させるべきである。更にペースン

グ部位による差は、生理的ペースング時に大きいとする報告もある<sup>8)</sup>。

心室中隔側右室流出路ペースングのほうが右室心尖部ペースングより心機能が良好な原因として、右室心

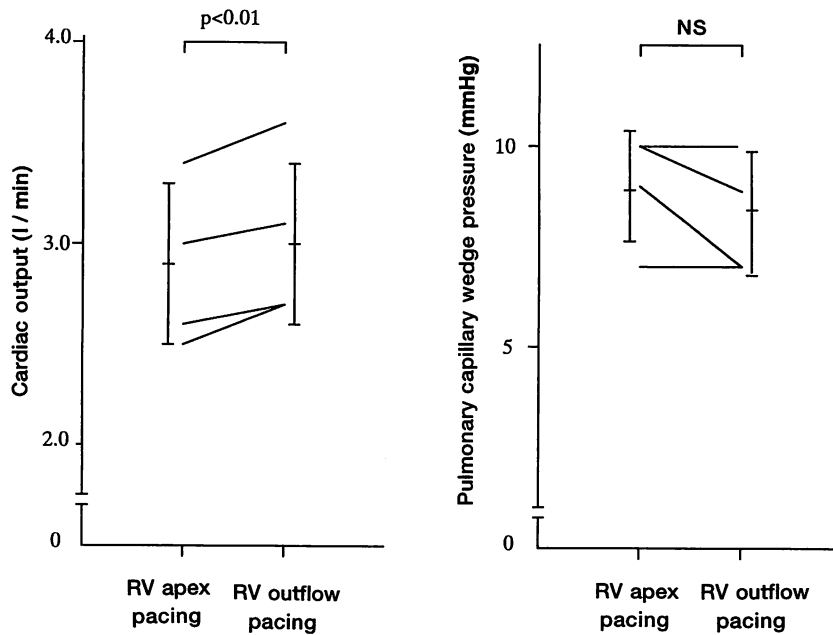


Fig. 4 Changing the pacing site from the right ventricular apex to the right ventricular outflow in four patients with ejection fraction < 55% caused cardiac output to increase from  $2.9 \pm 0.4$  to  $3.0 \pm 0.4$  l/min ( $p < 0.01$ ; left), and pulmonary capillary wedge pressure to decrease from  $9.0 \pm 1.4$  to  $8.3 \pm 1.5$  mmHg (NS; right) during right ventricular pacing. Abbreviation as in Table 1.

尖部ペースングでは、左脚ブロック・上方軸パターンを示し、右室に比べ左室の収縮が遅れ、中隔が奇異運動を呈するが、右室流出路ペースングでは電気軸が正常に近く、左右心室の収縮時間差および中隔の異常運動が少なく、正常収縮様式に比較的近いことなどが考えられている<sup>3,9)</sup>。

左室流出路狭窄を有する症例では、右室心尖部ペースング正常刺激伝導路を伝導した場合に比べ圧較差が改善することが報告されており<sup>10)</sup>、今回の検討からは除外したが、この場合、右室流出路ペースングは心機能を悪化させる可能性がある。一方このことは、ペースング部位の重要性を示唆する所見とも考えられる。

今回の検討の対象には、比較的心機能のよく保たれた症例が多く、高度心機能低下例における右室流出路ペースングの効果を判定するには、更に検討を要する

と思われた。

今回は急性期の変化を検討したが、長期効果は不明である。電極の固定にはスクリュー・インの使用が必要と思われる。今後の問題点としては、右室流出路に電極を固定することの安全性および長期成績の検討が挙げられる。また、より適した電極の改良が望まれる。

## 結 論

心機能およびペースング・モードにかかわらず、右室におけるペースング部位を右室心尖部より右室流出路に変更することで心機能が改善する症例が多い。高度心機能低下例における右室流出路ペースングの効果の程度が十分なものであるかは、更に検討を要するが、症例によっては、右室流出路ペースングも考慮すべきであると思われた。

## 要 約

右室流出路ペースングと右室心尖部ペースングを比較し、右室におけるペースング部位の差が心機能に与える影響を検討した。対象はペースメーカーを植え込まれた13例(平均[±SD]69.8±8.2歳)で、慢性心房細動の2例にVVIペースメーカーが用いられた以外は、DDDペースメーカーであった。心拍数は70-80/分に、房室遅延時間は165 msecに固定した。

右室心尖部ペースングおよび右室流出路ペースングを施行し、Swan-Ganzカテーテルにて心

拍出量および肺動脈楔入圧を測定した。11例において、心室ペースング時、右室心尖部より右室流出路にペースング部位を変更することにより、心拍出量は $3.3 \pm 0.6$ から $3.4 \pm 0.5$  l/minに増加し ( $p < 0.001$ )、楔入圧は $9.3 \pm 1.9$ から $8.8 \pm 2.0$  mmHgへと低下した ( $p < 0.05$ )。8例において、心房心室順次ペースング時、右室心尖部より右室流出路へペースング部位を変更することにより、心拍出量は $3.9 \pm 0.4$ から $4.0 \pm 0.4$  l/minに増加し ( $p < 0.05$ )、楔入圧は $7.1 \pm 2.3$ から $6.6 \pm 2.1$  mmHgに低下した ( $p < 0.05$ )。左室駆出率55%以上の7例においては、心室ペースング時、心拍出量は $3.6 \pm 0.5$ から $3.7 \pm 0.4$  l/minに増加し ( $p < 0.05$ )、55%未満の4例においても $2.9 \pm 0.4$ から $3.0 \pm 0.4$  l/minに増加した ( $p < 0.01$ )。

ペースング・モードや心機能にかかわらず、右室流出路ペースングのほうが右室心尖部ペースングよりも心機能が良好であり、症例によっては、右室流出路ペースングを考慮すべきであると思われた。

— J Cardiol 1997; 30 (3): 125–130 —

## 文献

- William-Olsson G, Andersen MN: The effect of pacemaker electrode site on cardiac output. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1963; **45**: 618–621
- Fletcher FW, Theilen EO, Lawrence MS, Evans JW: Effect of pacemaker location on cardiac function in complete A-V block. *Am J Physiol* 1963; **205**: 1232–1234
- Lister JW, Klotz DH, Jomain SL, Stuckey JH, Hoffman BF: Effect of pacemaker site on cardiac output and ventricular activation in dogs with complete heart block. *Am J Cardiol* 1964; **14**: 495–503
- Frank G, Tyers GFO: Optimal electrode implantation site for asynchronous dipolar cardiac pacing. *Ann Surg* 1968; **167**: 168–179
- Tsagaris TJ, Sutton PB, Kuida H: Hemodynamic effects of varying pacemaker sites. *Am J Physiol* 1970; **218**: 246–250
- Dagget WM, Bianco JA, Powel WJ Jr, Austen WG: Relative contributions of the atrial systole–ventricular systole interval and of patterns of ventricular activation to ventricular function during electrical pacing of the dog heart. *Circ Res* 1970; **27**: 69–79
- Grover M, Glantz SA: Endocardial pacing site affects left ventricular end-diastolic volume and performance in the intact anesthetized dog. *Circ Res* 1983; **53**: 72–85
- Raichlen JS, Campbell FW, Edie RN, Josephson ME, Harken AH: The effect of the site of placement of temporary epicardial pacemakers on ventricular function in patients undergoing cardiac surgery. *Circulation* 1987; **70**: I-118–I-123
- Karpawich PP, Justice CD, Chang C-H, Gause CY, Kuhns LR: Septal ventricular pacing in the immature canine heart: A new perspective. *Am Heart J* 1991; **121**: 827–833
- Cowell R, Morris-Thurgood J, Ilsley C, Paul V: Septal short atrioventricular delay pacing: Additional hemodynamic improvements in heart failure. *PACE* 1994; **17**: 1980–1983
- 足立 孝, 横山正義, 大貫恭正, 小山邦広, 神崎正人, 新田澄郎: 完全房室ブロック作成イヌにおける心室ペースング部位と心機能評価. *心臓ペースング* 1996; **12**: 451–454
- Cazeau S, Ritter P, Bakdach S, Lazarus A, Limousin M, Henao L, Mundler O, Daubert JC, Mujica J: Four chamber pacing in dilated cardiomyopathy. *PACE* 1994; **17**: 1974–1979
- Cazeau S, Ritter P, Lazarus A, Gras D, Backdach H, Mundler O, Mugica J: Multisite pacing for end-stage heart failure: Early experience. *PACE* 1996; **19**: 1748–1757
- Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol* 1976; **37**: 7–11
- Abildskov JA, Eich RH, Harumi K, Smulyan H: Observation on the relation between ventricular activation sequence and the hemodynamic state: *Circ Res* 1963; **17**: 236–247
- Burkhoff D, Oikawa RY, Sagawa K: Influence of pacing site on canine left ventricular contraction. *Am J Physiol* 1986; **251**: H-428–H-435
- Ishikawa T, Sumita S, Kimura K, Kuji N, Nakayama R, Nagura T, Miyazaki N, Tochikubo O, Usui T, Kashiwagi M, Ishii M: Critical PQ interval for the appearance of diastolic mitral regurgitation and optimal PQ interval in patients implanted with DDD pacemakers. *PACE* 1994; **17**: 1989–1994
- McDonald K, McWilliams E, O’Keeffe B: Functional assessment of patients treated with permanent dual chamber pacing as a primary treatment for hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J* 1988; **9**: 893–898
- Ishikawa T, Kimura K, Yoshimura H, Kobayashi K, Usui T, Kashiwagi M, Ishii M: Acute changes in left atrial and left ventricular diameters after physiological pacing. *PACE* 1996; **19**: 143–149