

ペースメーカー植え込み例
における P 波の位置と II
音分裂様式および左室収縮
時間 (LVSTI) の変化につ
いて

Influence of the atrial
contraction on the left
ventricular systolic time
intervals (LVSTI) and
the modes of the split-
ting of the second
heart sound in patients
with right ventricular
pacemakers

坂井 秀樹
松久茂久雄*
福田 信夫
仁木 由子
谷口 哲三
大木 崇
佐藤 浩充
沢田 誠三
仁木 敏晴
森 博愛

Hideki SAKAI
Mokuo MATSUHISA*
Nobuo FUKUDA
Yoshiko NIKI
Tetsuzo TANIGUCHI
Takashi OKI
Hiromitsu SATO
Seizo SAWADA
Toshiharu NIKI
Hiroyoshi MORI

Summary

Relationship between the atrial contraction and both the left ventricular systolic time intervals (LVSTI) and the modes of the splitting of the second heart sound (IIS) were investigated in 29 patients with right ventricular pacemakers.

In all 5 patients of the control group, which showed atrial fibrillation or persistent retrograde P wave, LVSTI and the modes of the splitting of the IIS were constant.

In 24 patients with variable P-spike intervals, the prolonged left ventricular ejection time (LVET),

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)
*国立循環器病センター
吹田市藤白台 5-125 (〒565)

The Second Department of Internal Medicine, Tokushima University, Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770
*National Cardiovascular Center, Fujishirodai 5-125, Suita 565

Presented at the 17th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Sendai, October 20-21, 1978
Received for publication January 10, 1979

shortened pre-ejection period (PEP) and decreased PEP/ET were observed in the optimal P-spike intervals. When the P wave fell during the QRS interval, the shortened LVET, prolonged PEP and increased PEP/ET were observed.

Corrected LVET (ETc) did not differ significantly among 5 groups (Table 1) classified by the modes of the splitting of the IIS as shown in Fig. 10.

When the P wave fell during the systole, spike-IIP interval changed markedly by the position of the P wave, although LVET did not change remarkably. LVET, spike-IIA and spike-IIP intervals were prolonged on the optimal P-spike interval, and the grade of the prolongation of the spike-IIP interval was longer than that of the spike-IIA interval.

It was considered that the atrial contraction influenced the function of the right ventricle much more deeply than that of the left ventricle.

Key words

Artificial pacemaker Atrial contraction Left ventricular systolic time intervals (LVSTI) Second heart sound Right ventricular function

緒 言

完全左脚ブロック型の心電図所見を示すペースメーカーの心音図は、P波とQRS波の位置関係により、逆分裂、単一II音ないしは生理的分裂などの異なったII音分裂様式を示し、これらのII音の態度から5 groups に分類される (Table 1, II)¹⁾。このようなII音分裂様式の相違はII音大動脈成分 (IIA) よりも、II音肺動脈成分 (IIP) の変化によるところが大きく、心房収縮が右心機能に大きい影響を与えていると考えられる。今回は上記のごとく分類した、ペースメーカー

植え込み例 5 groups において、心房収縮が心機図法を用いて測定した左室収縮時間 (以下 LVS-TI) に、どのような影響を与えるかについて検討した。

研究 方法

1. 研究対象

完全房室ブロック 25 例, sick sinus 症候群 4 例の計 29 例で、平均年齢は 65.9 (40~79) 歳, うち男子 17 例, 女子 12 例である。ペースメーカー植え込みから心音図検査までの期間は 4 日から 3 年 3 ヶ月 (平均 11.6 ヶ月) で、使用電極は右室心筋電極

Table 1. Classification of the subjects

	Cases
I. Atrial fibrillation or Retrograde conduction P wave	5
II. Sinus P wave	
group 1. Both of the reversed splitting and the single IIs	9
group 2. Only the reversed splitting	5
group 3. Only the single IIs	5
group 4. All of the reversed splitting, the single IIs and the physiological splitting	2
group 5. Both of the single IIs and the physiological splitting	3
	Total 29

1 例, 右室心尖部カテーテル電極 28 例(単極 9 例, 双極 19 例)である。Pacing rate は 55~73(平均 65.3)/分 で, 合併症としては心筋梗塞症, 僧帽弁閉鎖不全症(以下 MI), 三尖弁閉鎖不全症(以下 TI), 大動脈弁閉鎖不全症各 4 例である。

これらの症例中, 心房細動ないし逆伝導性 P 波を示したものは 5 例で, 洞性 P 波を有する例は 24 例であった。洞性 P 波を有する例は, II 音分裂の態度により, **Table 1** に示すように 5 groups に分類した。

2. 心音図および心機図記録方法

心音計はフクダ電子製 MCM-8000, マイクロフォンは MA-250, 脈波用ピックアップは TY-303, 記録器はエレマ製 8 素子噴射式記録計または三栄測器製電磁オシログラフ 100A を用いた。

患者は背臥位呼吸呼吸停止位とし, 心電図 II 誘導(一部は V₁ 誘導), 心音図および頸動脈波を 100 mm/秒 の記録速度で同時記録した。

3. 測定方法

心電図, 心音図および頸動脈波の測定方法を **Fig. 1** に示す。駆出時間(以下 ET)は頸動脈波の立ち上がりから dicrotic notch までの時間を測定し, 稲坂らの方法²($ETc = 1.4 \times \text{心拍数} + ET$)を用いて心拍数による補正(ETc)を行った。Spike-IIA 間隔は pacemaker spike から IIA までの時間, 駆出前期(PEP)は spike-IIA 間隔と ET の差として求めた。

研究成績

I 群(5 例)は心房細動または逆伝導性 P 波の

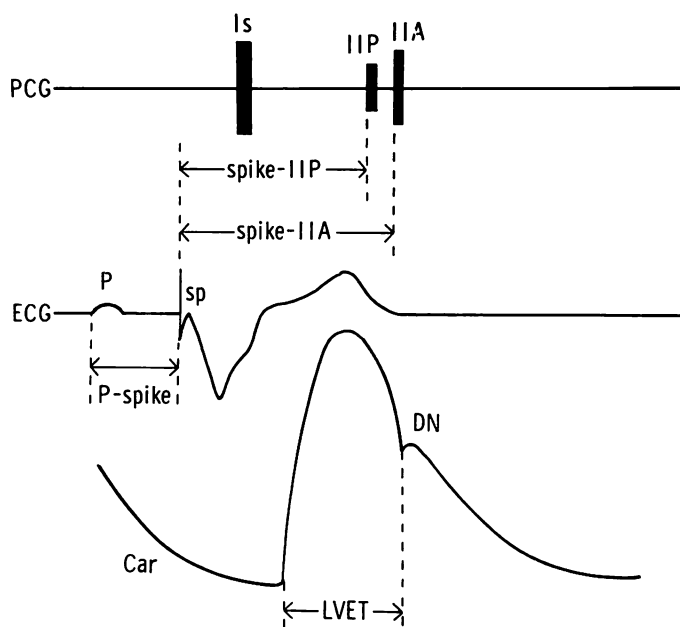


Fig. 1. Method of measurement.

Is=the first heart sound; IIA=the aortic component of the second heart sound; IIP=the pulmonic component of the second heart sound; sp=the pacemaker spike; Car=the carotid pulse tracing; DN=dicrotic notch; P-spike=the time interval between the P wave and the pacemaker spike; spike-IIA=the time interval between the pacemaker spike and the IIA; spike-IIP=the time interval between the pacemaker spike and the IIP; LVET=left ventricular ejection time; PEP=pre-ejection period; derived by subtracting the left ventricular ejection time from the spike-IIA interval.

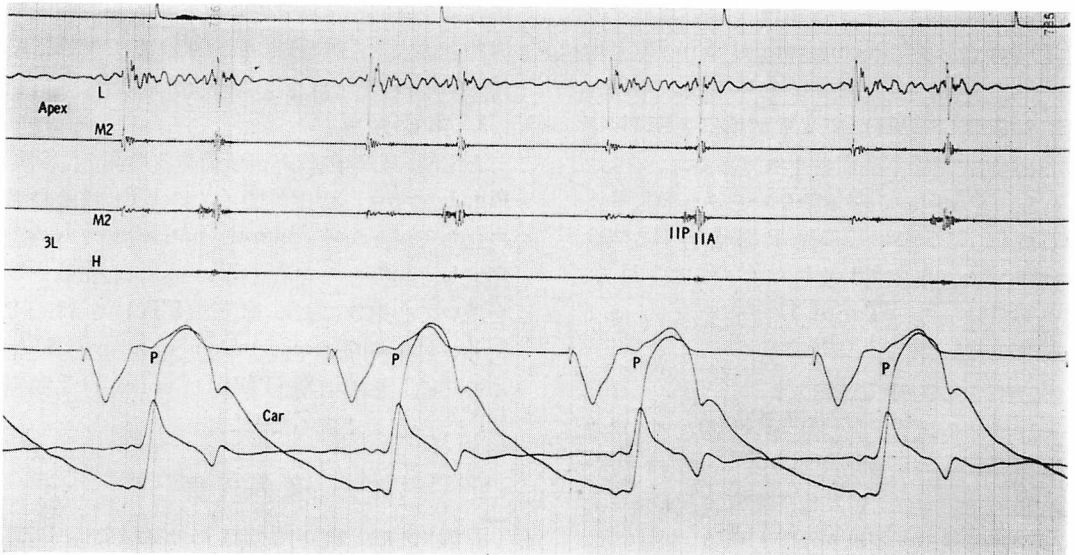


Fig. 2. Simultaneous record of the phonocardiogram, the lead 2 electrocardiogram, the carotid pulse tracing and its first derivative in a case with retrograde P wave (53 year-old male).

LVSTI and the mode of the splitting of the IIS are constant as a result of the constant P-spike interval in all beats.

LVSTI=left ventricular systolic time intervals. Other abbreviations: see Fig. 1.

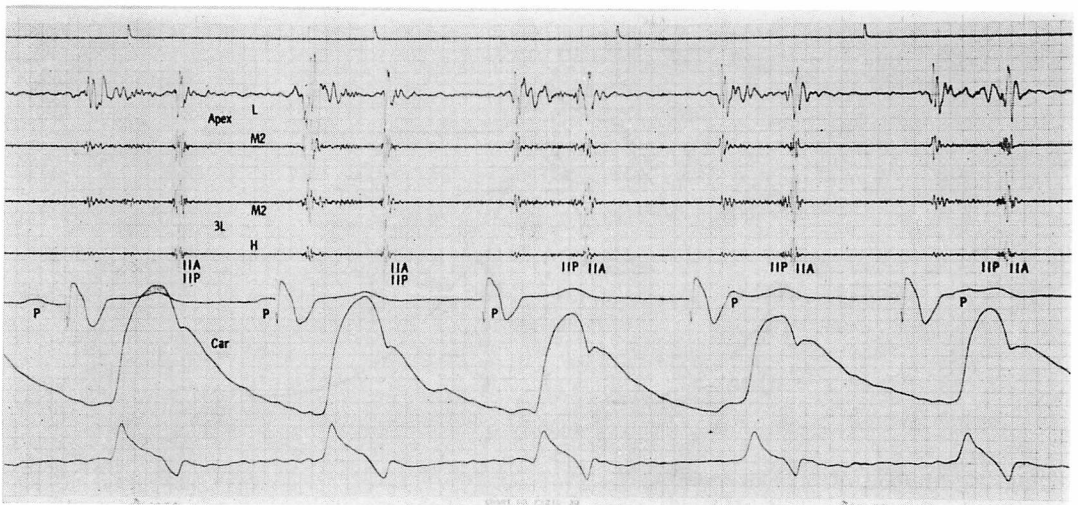


Fig. 3. Simultaneous record of the phonocardiogram, the lead 2 electrocardiogram, the carotid pulse tracing and its first derivative in a case of Group 1 (74 year-old male).

The first and the second beats show the single IIS and the remains show the reversed splitting. The shortened LVET is observed when the IIS show the reversed splitting in the third, fourth and fifth beats. Abbreviations: see Fig. 1.

みを示し、洞性 P 波を有しない群とした。Fig. 2 は TI を合併した 53 歳男性の完全房室ブロック例の記録で、逆伝導性 P 波のみを示す。本例の II 音はすべて -40 msec の逆分裂を示し、LVSTI と頸動脈波振幅の心拍ごとの変化は認められなかった。I 群に属する他の 4 例においても、本例と同様に LVSTI、頸動脈波振幅および II 音分裂様式の心拍ごとの変化は認められなかった。

II 群 (24 例) は洞性 P 波を有する例で、II 音分裂様式により 5 groups に分類した。Fig. 3 は Group 1 (逆分裂および単一 II 音の両者を有する群) に属する 74 歳男性の完全房室ブロック例の記録である。本例では第 1, 2 心拍は単一 II 音、第 3~5 心拍は逆分裂を示した。ET は第 1 心拍より順次 280, 270, 225, 220, 215 msec, PEP は各 175, 190, 210, 210, 210 msec で、P 波が QRS 間隔にあるときには、P 波が QRS 波に先行する場合に比べて、明らかに ET 短縮、PEP 延長および PEP/ET の増大を認め、頸動脈波振幅も減少しているのが見られた。

Fig. 4 は Fig. 3 に示した例について、横軸に pacemaker spike を原点 (O) とした P-spike 間隔、縦軸には上段より ET, PEP, PEP/ET および spike-IIS 間隔を示す。P 波が QRS 間隔に重なるときには、spike-IIP 間隔は spike-IIA 間隔よりも短くなり (すなわち逆分裂)、このさいには ET 短縮、PEP 延長および PEP/ET の増大が認められた。

Fig. 5 は Group 2 (全心拍とも逆分裂のみを示す群) に属する 69 歳男性の完全房室ブロック例の記録について、P-spike 間隔と LVSTI および spike-IIS 間隔との関係を示す。P 波が QRS 間隔に重なる場合には、ET 短縮、PEP 延長および PEP/ET の増大がみられ、II 音分裂間隔は増大する。Group 2 に属する他の 4 例でも同様の傾向が認められた。

Fig. 6 は Group 3 (単一 II 音のみを示す群) に属する 75 歳男性の完全房室ブロック例の記録について、P-spike 間隔と LVSTI および spike-

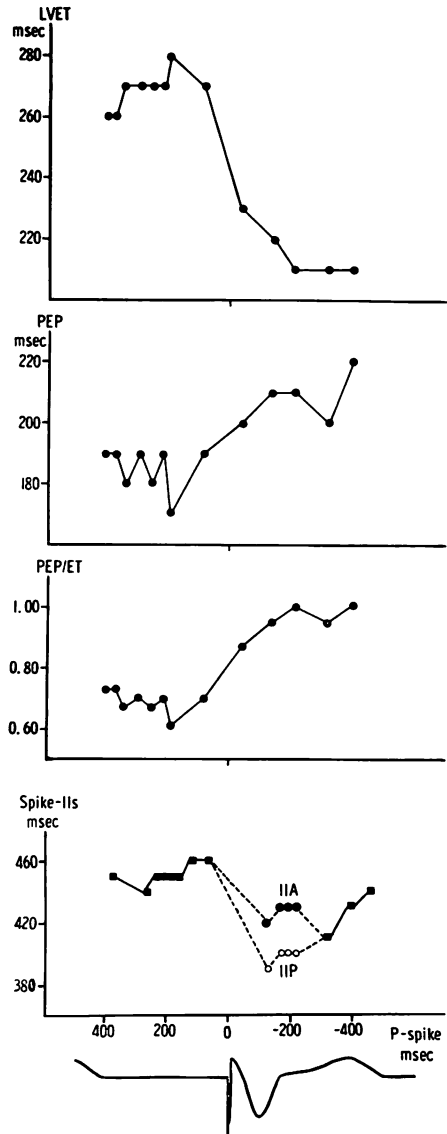


Fig. 4. Relationship between P-spike interval (abscissa) and both LVSTI and the modes of the IIS (ordinate) in a case of Fig. 3.

Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

IIS 間隔との関係を示す。P 波が QRS 間隔と重なる場合は、Group 1 の場合と同様に ET 短縮、PEP 延長および PEP/ET 増大が認められた。P 波が QRS 間隔内にある場合と、P 波が

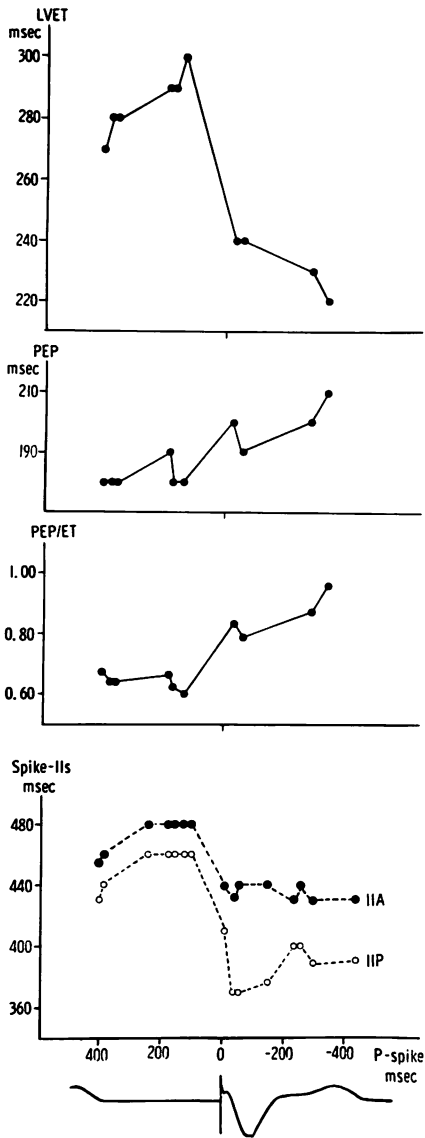


Fig. 5. Relationship between P-spike interval and both LVSTI and the modes of the IIS in a case of Group 2 (69 year-old male).

When the P wave falls during the QRS interval, the splitting interval of the reversed splitting is prolonged and the shortened LVET is observed. Abbreviations: see Fig. 1.

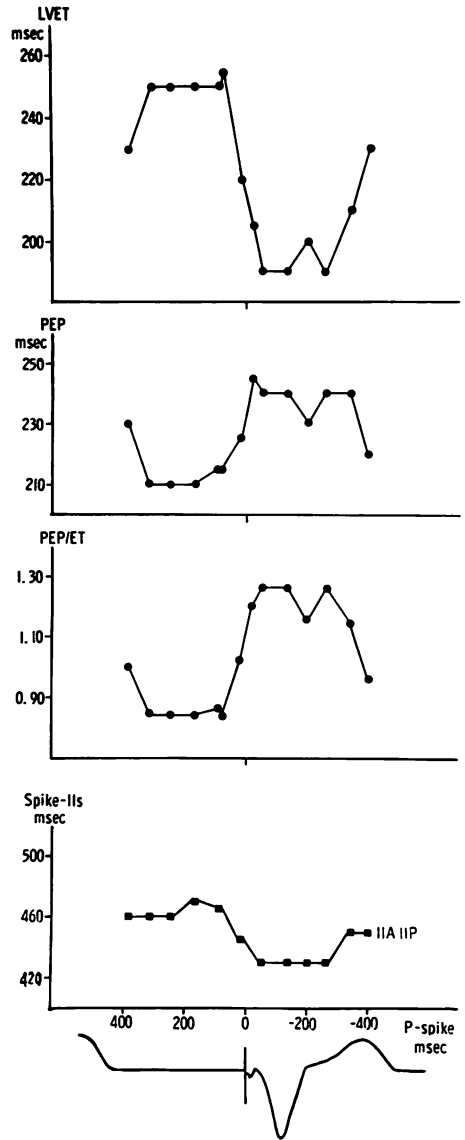


Fig. 6. Relationship between P-spike interval and both the modes of the IIS in a case of Group 3 (75 year-old male).

All beats show the single IIS. When the P wave falls during the QRS interval, the shortened spike-IIS interval and LVET are observed. Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

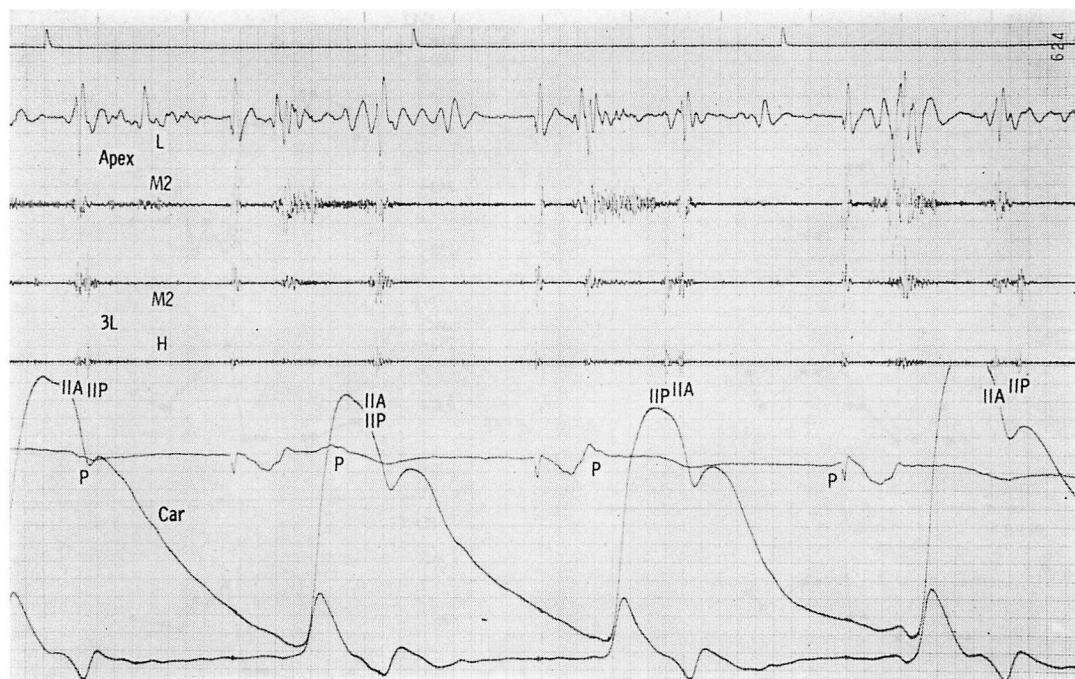


Fig. 7. Simultaneous record of the phonocardiogram, the lead 2 electrocardiogram, the carotid pulse tracing and its first derivative in a case of Group 4 (48 year-old female with mitral insufficiency).

The modes of the IIS show the physiological splitting of 30 msec in the first beat, the single IIS in the second beat, the reversed splitting with the P wave during the QRS interval in the third beat and the wide splitting in the fourth beat.

The prolonged LVET and the increased amplitude of the carotid pulse tracing are observed in the fourth beat. Increased regurgitant murmur is recognized in the third beat. (Reproduced from reference 1). Abbreviations: see Fig. 1.

ST 部にある場合とを比べると、前者のほうが後者に比べて ET が短かく、PEP が長かった。

Fig. 7 は Group 4 (逆分裂, 単一 II 音, 生理的分裂のすべてを有する群) に属する 48 歳女性の, 完全房室ブロック例の記録である。本例には心筋梗塞症の既往歴があり, 乳頭筋機能不全症を合併していた。第 1 心拍は IIA-IIP 間隔 30 msec の生理的分裂, 第 2 心拍は単一 II 音, 第 3 心拍は -40 msec の逆分裂, 第 4 心拍は 60 msec の病的呼吸性分裂を示した。第 2~4 心拍の spike-IIP 間隔は, 各 410, 370 および 480 msec で, 変動が著しかった。第 2~4 心拍の spike-IIA 間隔は各 410, 410, 420 msec, ET は各 240, 230,

250 msec で, 第 4 心拍の spike-IIA および ET は他の心拍に比べて若干延長し, 頸動脈波の振幅は第 4 心拍で明らかに大きく, MI 雑音は第 3 心拍で最も強かった。

Fig. 8 は **Fig. 7** の記録について, P-spike 間隔と LVSTI および spike-IIS 間隔との関係を示す。P 波が QRS 間隔内にあるとき, すなわち II 音が逆分裂を示すときには, ET が短縮していた。Group 4 に属する他の 1 例でも, 本例と同様の所見を示した。

Fig. 9 は Group 5 (単一 II 音と生理的分裂の両者を有する群) に属する 63 歳女性の完全房室ブロック例の記録について, P-spike 間隔と LV-

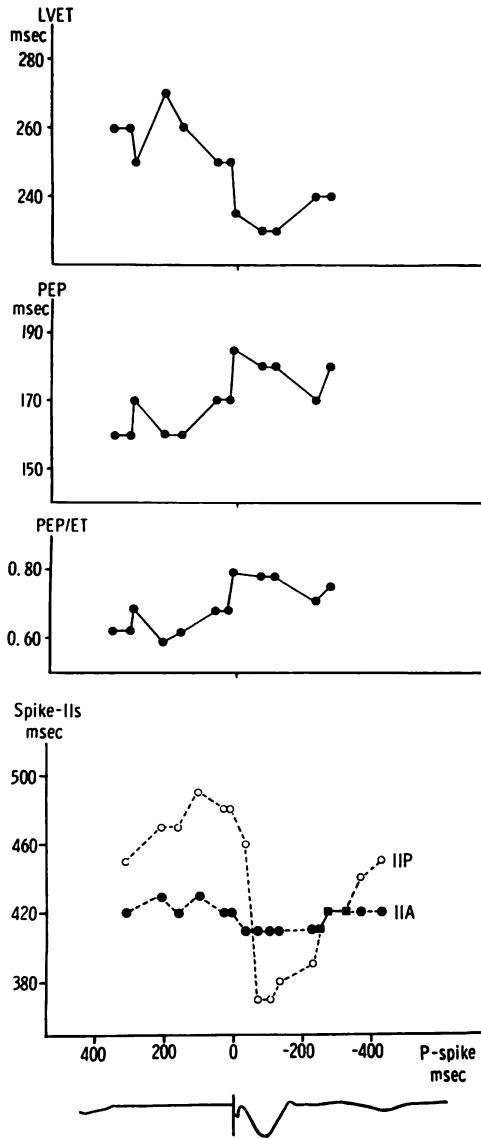


Fig. 8. Relationship between P-spike interval and both LVSTI and the modes of the IIS in a case of Fig. 7.

Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

STI および spike-IIS 間隔との関係を示す。P 波が QRS 間隔内にある場合、すなわち単一 II 音を示す場合には、ET 短縮、PEP 延長および PEP/ET 増大が認められた。Group 5 に属する

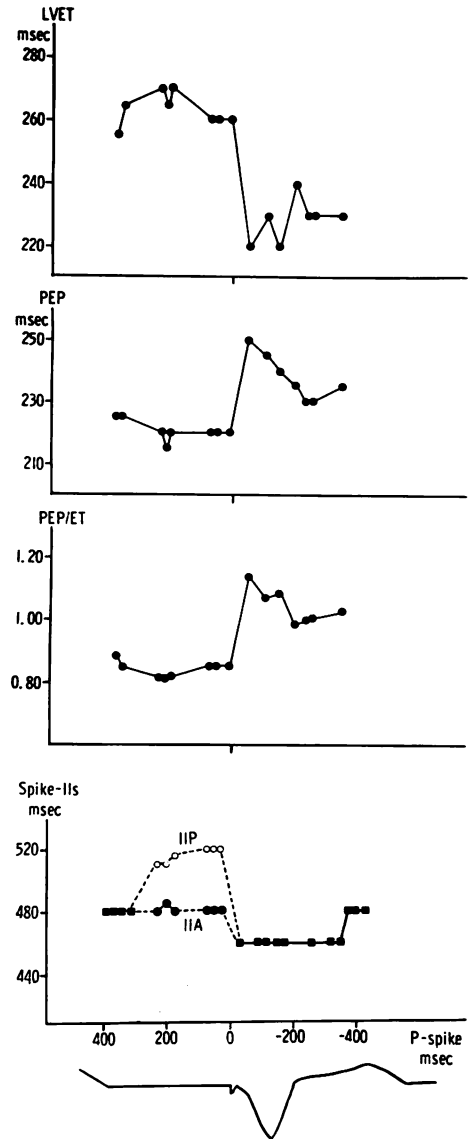


Fig. 9. Relationship between P-spike interval and both LVSTI and the modes of the IIS in a case of Group 5 (63 year-old female).

When the P wave falls during the QRS interval, the IIS is single and the shortened LVET is observed. Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

他の2例でも、同様の所見を認めた。

Fig. 10 は II 群に属する各 group について、P-spike 間隔が 50~250 msec、および -50~

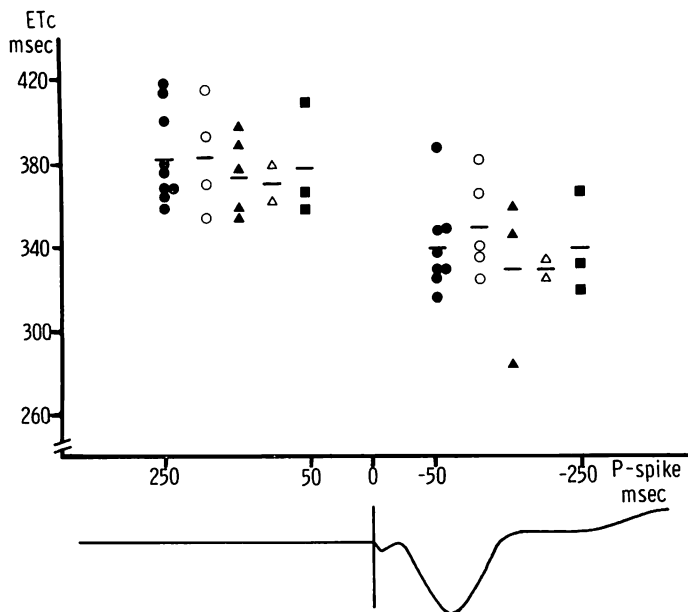


Fig. 10. LVSTI in each group in P-spike interval of 50 to 250 msec and -50 to -250 msec.
 There are little differences in the values of corrected LVET (ETc) in each group. Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

-250 msec における ETc の分布を示す。例数が少ないため、統計的検討は行わなかったが、各 group 間に明らかな差を認めない。

Fig. 11 に II 群全例について P-spike 間隔が 50~250 msec および -50~-250 msec の範囲における LVSTI の平均値とその統計的比較成績を示した。後者において spike-IIA 間隔短縮 ($p < 0.01$), ETc 短縮 ($p < 0.001$) および PEP/ET 増大 ($p < 0.01$) を認めた。

考 察

心房収縮が心室駆出に及ぼす影響は、ヒトにおける pacing 例³⁻⁸⁾、完全房室ブロック犬⁹⁻¹¹⁾、A-V sequential pacing 例¹²⁾または除細動前後の心機能変化^{13,14)}などについて研究され、心房収縮による booster 効果により心拍出量が増加することが知られている。Benchimol ら¹³⁾は電氣的除細動後に、cardiac index は 6%、stroke index は 22% 増加したと述べている。

本研究では control として用いた洞性 P 波を有しない逆伝導性 P 波例や心房細動例では、心拍ごとの LVSTI や II 音分裂様式の変化を認めなかった。他方、洞性 P 波例では P 波の位置により、LVSTI, II 音分裂様式が変化し、心房収縮の影響が明らかに認められた。

Pacemaker 植え込み例の心電図 QRS 波開始点はとくに単極電極では同定し難く、pacemaker spike より測定したため、本研究で用いた spike-IIA, PEP および PEP/ET などの諸指標は、通常の QIIA, PEP および PEP/ET とは多少意味を異にするが、本研究における ET の測定法は一般的な方法と同一である。

洞性 P 波例全例の平均値を示した **Fig. 11** において、P-spike 間隔が 50~250 msec の場合には、-50~-250 msec の場合に比べて明らかな ETc の延長を認めた。その理由として、Weisler ら¹⁵⁾は ET は stroke volume に正相関すると述べており、至適 P-spike 間隔のとき、心房の

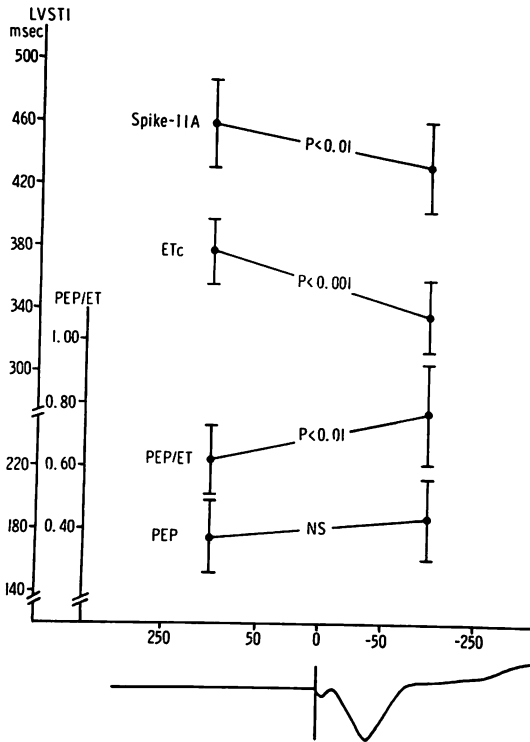


Fig. 11. Means of LVSTI in P-spike interval of 50 to 250 msec and -50 to -250 msec.

Abbreviations: see Fig. 1 and Fig. 2.

booster 効果により stroke volume が増大すると考えられる。

P 波が QRS 間隔内にあるときには、PEP の延長傾向が見られたが、P-spike 間隔が 50~250 msec の場合と、-50~-250 msec の場合を比べると、統計学的に有意差は認められなかった。これは spike-IIA 間隔と ET は同方向に変化するため、その差である PEP には著しい変化が表れなかったためと考えられる。

II 音分裂様式により分類した 5 groups 間の ETc 変化は、Group 1 以外は例数が少ないため統計的検討を行わなかったが、各 group 間に著しい差を認めなかった (Fig. 10)。

著者ら¹⁾は先に P 波が QRS 間隔に重なり、心房の booster 効果が消失するだけでなく、頸

静脈波の x 谷の閉塞所見から、房室弁輪下降運動の抑制も心室駆出に阻害的に働くことを推察した。

Fig. 6 に示すように、P 波が ST 部にあるときには、QRS 間隔内にあるときに比べて ET は延長する。この場合の P-spike 間隔は非常に長い。先行 P 波の存在が ET 延長に寄与している可能性を除外しえない。

先行 P 波の影響を除外する方法としては、つぎの 2 つの方法が考えられる。

1) R-R 間隔に比べて P-P 間隔が長い例について、収縮期の各時相に入った P 波を検討する。

2) 間歇的洞房ブロック例で、ときに P 波が QRS 間隔内に重なる例について検討する。

Fig. 3 の第 4, 5 心拍は、第 1 の方法に相当する 1 例である。これらの心拍の P 波は十分早期に出現し、これらの心拍では先行 P 波の影響を除外することができ、心房の booster 効果は考えなくてもよいと考えられる。第 4 心拍と第 5 心拍で II 音分裂様式や LVSTI に差があれば、収縮期に入った P 波の位置によって考えられる。しかしながら、第 4 および第 5 心拍の ET はそれぞれ 220 および 215 msec で、両者の差はわずかであった。

Fig. 12 は 69 歳男性の sick sinus 症候群の記録で、第 2 の方法の 1 例である。第 1, 2 心拍は P 波を伴わず、第 3 心拍のみに P 波があった。全心拍ともに心房収縮による booster 効果を期待し得なかったが、心音図においては第 1, 2 心拍では単一 II 音、第 3 心拍では明らかな逆分裂を認めた。しかし ET は 3 心拍とも 250 msec 前後で著しい差を認めなかった。このように第 3 心拍の P 波は、spike-IIA すなわち左室の全収縮期には有意な影響を与えなかったが、spike-IIP すなわち右室の全収縮期には明らかな影響を与えた。

以上の成績から、心房収縮は左心系に対するより以上に右心系に強い影響を与え、とくに収縮期に P 波が入った場合には左心系への影響は少ないが、右心系への影響、すなわち三尖弁輪下降運

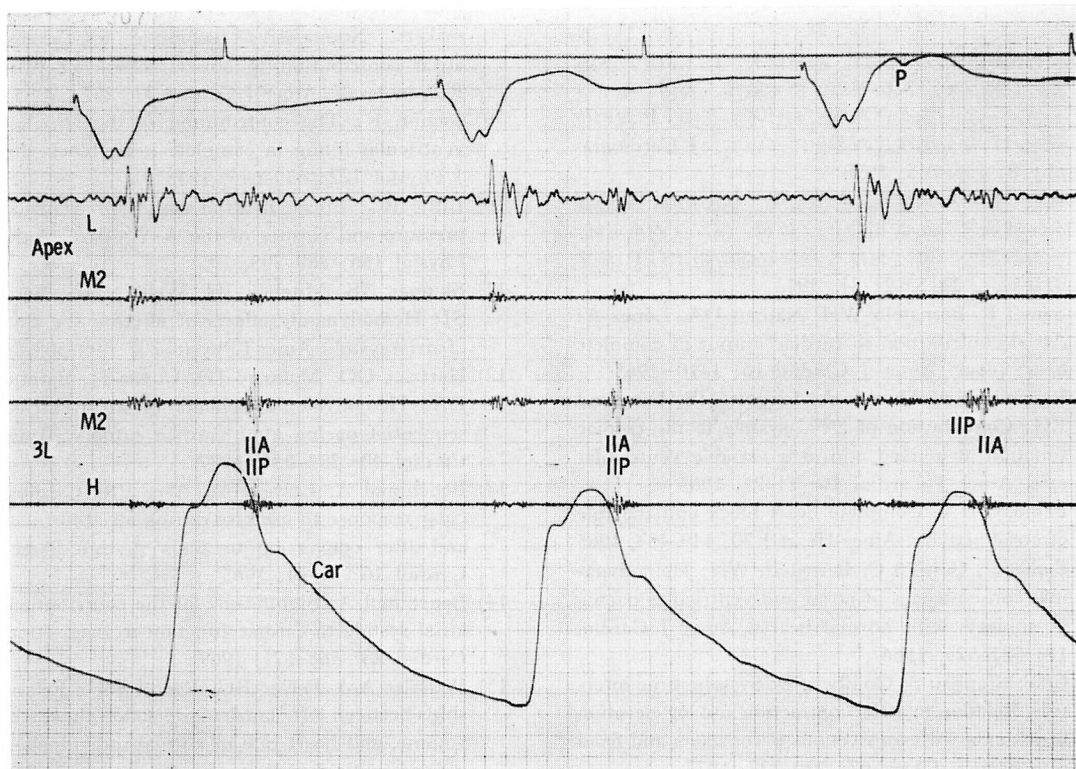


Fig. 12. Simultaneous record of the lead V_1 electrocardiogram, the phonocardiogram and the carotid pulse tracing in a case of sick sinus syndrome (69 year-old male).

This case has a P wave only in the third beat. The second heart sound is single in the first and the second beats and shows the reversed splitting in the third beat. But the values of spike-IIA interval and LVET have little differences in each beat. Abbreviations: see Fig. 1.

動の抑制による右心系の血行動態の変化は著しいと考えられる。

結 語

29例の永久ペースメーカー植え込み例において、心房収縮とII音分裂様式およびLVSTIの関係について検討し、つぎのような結果を得た。

1) 心房細動または逆伝導性P波のみを示す5例においては、LVSTIおよびII音分裂様式の心拍ごとの変化は認められなかった。

2) 洞性P波を有する24例では、P-spike間隔が至適のときにETはもっとも延長した。P波がQRS間隔に重なった場合に、ETはもっと

も短縮した。

3) II音分裂様式により、Table 1のごとく分類した各groups間のETcには、大きい差を認めなかった。

4) 収縮期にP波が出現したさいには、その位置によりETはあまり変化なかったが、spike-IIP間隔は著しく変化した。また至適P-spike間隔のさいに、ETは延長したが、spike-IIP間隔の変化はより大きかった。

5) 以上の所見から心房収縮は、左心系以上に右心系に影響を及ぼすと考えられた。

文 献

- 1) 坂井秀樹, 松久茂久雄, 福田信夫, 仁木由子, 大木崇, 佐藤浩充, 沢田誠三, 仁木敏晴, 森博 愛: ペースメーカー植え込み例における心音図: P波の位置とII音分裂様式の変化について. *J Cardiography* **8**: 755-765, 1978
- 2) 稲坂 暢, 杉本恒明, 野原哲夫, 平沢邦彦, 紺野謙介, 浦岡忠夫, 北川駿介, 佐藤 清, 武内重五郎: 血行動態の評価における左室収縮時間 (STI) 測定の意義. *心臓* **5**: 21-34, 1973
- 3) Samet P, Bernstein WH, Nathan DA, López A: Atrial contribution to cardiac output in complete heart block. *Amer J Cardiol* **16**: 1-10, 1965
- 4) Benchimol A, Duenas A, Liggett MS, Diamond EG: Contribution of atrial systole to the cardiac function at a fixed and at a variable ventricular rate. *Amer J Cardiol* **16**: 11-21, 1965
- 5) Palmero HA: Complete heart block and the role of atrial activity. *Amer Heart J* **70**: 449-454, 1965
- 6) Samet P, Castillo C, Bernstein WH: Hemodynamic consequences of atrial and ventricular pacing in subjects with normal hearts. *Amer J Cardiol* **18**: 522-525, 1966
- 7) Chaithiraphan S, Goldberg E: Systolic time intervals. Relation to atrial contraction and leg elevation in patients with transvenous pacemakers and fixed rate pacing. *Chest* **62**: 720-727, 1972
- 8) Bashour TT, Naughton JP, Cheng TO: Systolic time intervals in patients with artificial pacemakers. Noninvasive technique for assessing atrial contribution to stroke volume at various P-R intervals. *Amer J Cardiol* **32**: 287-290, 1973
- 9) Jochim K: The contribution of the auricles to ventricular filling in complete heart block. *Amer J Physiol* **122**: 639-645, 1938
- 10) Little RC: Effect of atrial systole on ventricular pressure and closure of the A-V valves. *Amer J Physiol* **166**: 289-295, 1951
- 11) Skinner NS, Mitchell JH, Wallace AG, Sarnoff SJ: Hemodynamic effects of altering the timing of atrial systole. *Amer J Physiol* **205**: 499-503, 1963
- 12) Hartzler GO, Maloney JD, Curtis JJ, Barnhorst DA: Hemodynamic benefits of atrioventricular sequential pacing after cardiac surgery. *Amer J Cardiol* **40**: 232-236, 1977
- 13) Benchimol A, Lowe HM, Akre PR: Cardiovascular response to exercise during atrial fibrillation and after conversion to sinus rhythm. *Amer J Cardiol* **16**: 31-41, 1965
- 14) Benchimol A: Significance of the contribution of atrial systole to cardiac function in man. *Amer J Cardiol* **23**: 568-571, 1969
- 15) Weissler AM, Peeler RG, Roehll WH: Relationships between left ventricular ejection time, stroke volume, and heart rate in normal individuals and patients with cardiovascular disease. *Amer Heart J* **62**: 367-378, 1961