

上室性頻拍症の re-entry 機序の違いによる収縮時相の検討

Left ventricular systolic time intervals during paroxysmal supraventricular tachycardia: The difference between A-V nodal re-entry and A-V re-entry

松井由美恵  
岩坂 壽二  
唐川 正洋  
松浦 隆  
羽田 哲也  
稲田 満夫

Yumie MATSUI  
Toshiji IWASAKA  
Masahiro KARAKAWA  
Takashi MATSUURA  
Tetsuya HATA  
Mitsuo INADA

**Summary**

In this study, the differences in hemodynamic changes during paroxysmal supraventricular tachycardia (PSVT) between A-V nodal re-entry and A-V re-entry were evaluated. In 8 patients with A-V nodal re-entrant tachycardia and 10 with A-V re-entrant tachycardia, electrophysiological studies were performed to measure systolic time intervals (pre-ejection period: PEP, ejection time: ET, PEP/ET ratio: PEP/ET). These measurements were obtained in the control state (atrial pacing at 90/min) and during PSVT with simultaneous recordings of electrocardiogram and femoral arterial pulse tracing.

During PSVT, there was no difference in the heart rate between the 2 groups, but ventriculo-atrial conduction time was shorter in A-V nodal re-entry than in A-V re-entry. There was a marked fall in the ET and an increase in PEP/ET in all the patients when PSVT was induced. PEP increased significantly in A-V nodal re-entry, but did not change in A-V re-entry. This resulted in a greater increase in the PEP/ET suggesting a greater deterioration of the hemodynamic consequences in A-V nodal re-entry than in A-V re-entry.

Thus, the hemodynamic changes of PSVT differ between these 2 types of re-entrant circuits, which are mainly influenced by the ventriculo-atrial conduction time.

**Key words**

Paroxysmal supraventricular tachycardia      Systolic time intervals      Re-entry

関西医科大学 第二内科  
守口市文園町1 (〒570)

The Second Department of Internal Medicine, Kansai Medical University, Fumizono-cho 1, Moriguchi 570

Received for publication February 24, 1991; accepted December 26, 1991 (Ref. No. 38-PS189)

## はじめに

発作性上室性頻拍症 (paroxysmal supraventricular tachycardia: PSVT) の発作中には, 心拍数の増加に伴い, 心房・心室収縮の至適タイミングの欠如により, 血行動態が悪化することが知られている<sup>1-5)</sup>. PSVT 発作中の心房と心室収縮のタイミングは, re-entry の機序の違いにより異なる. すなわち, 洞結節や心房内の re-entry では, 心房収縮は心室収縮の前にみられるが, 房室結節内 re-entry や副伝導路を介する房室 re-entry では, ほぼ同時にしくは直後に心房収縮をみることが多い.

本研究では, 臨床的にみられる PSVT の大部分を占める房室結節内 re-entry と副伝導路を介する房室 re-entry における血行動態を, 心房・心室収縮のタイミングの面から左室収縮時相 (left ventricular systolic time intervals) を用いて明らかにした.

## 対象と方法

対象は電気生理学的検査を施行した上室性頻拍症患者 18 例である. 性別は男 11 例, 女 7 例, 年齢は 19-58 歳, 平均年齢は  $41 \pm 15$  歳である. 発作中の心腔内電位および他の電気生理学的所見より, 房室結節内 re-entry は 8 例, 副伝導路を介する房室 re-entry は 10 例であった. なお, 頻拍の機序については, 房室結節内 re-entry は全例, slow pathway を順行し, fast pathway を逆行する common type であり, 副伝導路を介する房室 re-entry では全例, 房室結節を順行し, 副伝導路を逆行する orthodromic tachycardia であった. また, 複数副伝導路を有する症例は除外した. 両群の年齢分布は, 房室結節内 re-entry 群が  $49 \pm 12$  歳, 房室 re-entry 群が  $46 \pm 15$  歳と両群に差を認めなかった. 男女比についても, 房室結節内 re-entry 群が 5:3, 房室 re-entry 群が 6:4 であり, 両群に差はなかった. なお, 先天性心疾患, 虚血性心疾患, 心臓弁膜症, 高血圧症, 糖尿病, 貧血

あるいは甲状腺機能亢進症を有する例はこれら対象から除外した.

大腿静脈より USCI 製 3 極および 4 極の電極カテーテルを挿入し, おのおの His 束記録部位および高位右房に留置し, ポリコーダーに接続し, 心腔内電位を記録した. 4 極の電極カテーテルの先端 2 極で日本光電製 cardiac stimulator を用いて心房ペーシングを行なった. ペーシングはコントロールとしての心房ペーシング 90/min と, PSVT を誘発するための心房早期刺激挿入法を行なった. 体表面心電図は II 誘導と V<sub>1</sub> 誘導を記録した. 心収縮時相は大腿動脈圧波形を用いて行ない, 5 心拍の平均値をとった. 体表面心電図, 心腔内電位, 大腿動脈圧波形を Siemens Elema 製シンゴグラフ 804A を用いて紙送り速度 100 mm/sec で同時記録した. 収縮時相の測定は, 心電図の Q 波より動脈圧の立ち上がりまでの時間から脈波伝達時間を減じた値を前駆出時間 (pre-ejection period: PEP), 動脈圧の立ち上がりから dicrotic notch までを駆出時間 (ejection time: ET) とし, 心房ペーシング 90/min および PSVT 時の PEP, ET, PEP/ET を計測した. 脈波伝達時間は, ペーシング前にあらかじめ pig tail カテーテルにより記録した上行大動脈圧と, 大腿動脈圧の立ち上がりまでの時間の差とした.

さらに PSVT 中には心拍数, 体血圧および心腔内心電図の His 束記録部位における V 波-A 波 (V-A) 時間も計測した. また, 頻拍発作中の V-A 時間と収縮時相の関係を検討する際には, PSVT 中の PEP および ET については, 心拍数の影響を補正するために Weissler らの式<sup>6)</sup>を用い,  $PEP\ index\ (PEPI) = 0.4 \times \text{心拍数} + PEP$  および  $ET\ index\ (ETI) = 1.7 \times \text{心拍数} + ET$  (女性の場合は  $1.6 \times \text{心拍数} + ET$ ) を算出した.

統計学的処理: 左室収縮時相はいずれも平均値  $\pm 1$  標準偏差で表わし, 房室結節内 re-entry 群および房室 re-entry 群の両群間の比較には unpaired t 検定, また両群いずれもコントロール時

と PSVT 時の比較には paired t 検定を行ない、危険率 5% 以下を有意とした。

結 果

1. 心拍数、体血圧と V-A 時間

PSVT 中の心拍数は、房室結節内 re-entry 群では  $171 \pm 18/\text{min}$ 、房室 re-entry 群では  $159 \pm 19/\text{min}$  と、両群間には差がなかった。

房室結節内 re-entry 群では、収縮期血圧は  $90 \pm 12 \text{ mmHg}$ 、拡張期血圧は  $52 \pm 8 \text{ mmHg}$ 、房室 re-entry 群では、収縮期血圧  $95 \pm 14 \text{ mmHg}$ 、拡張期血圧は  $58 \pm 9 \text{ mmHg}$  と、収縮期、拡張期いずれの血圧にも両群間で差は認めなかった。

心腔内心電図の V-A 時間 (Fig. 1) は、房室結節内 re-entry 群では  $32.5 \pm 38.6 \text{ msec}$  であつたのに対し、房室 re-entry 群では  $120.0 \pm 21.6 \text{ msec}$  と、房室結節内 re-entry 群では逆伝導時間が有意に短かった ( $p < 0.01$ )。

2. 左室収縮時相

コントロール、すなわち、心房ペースング  $90/\text{min}$  の時の PEP, ET および PEP/ET は、房室結節内 re-entry 群と房室 re-entry 群の間で特に差はなかった (Fig. 2)。コントロールから PSVT

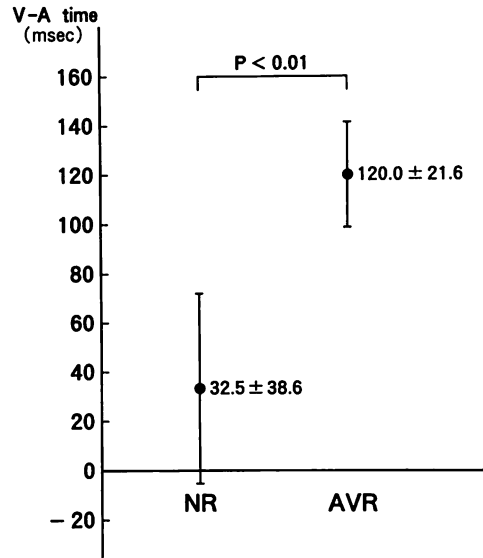


Fig. 1. Comparison of the mean value of V-A time between A-V nodal re-entry and A-V re-entry during paroxysmal supraventricular tachycardia.

V-A time=ventriculo-atrial conduction time; NR=A-V nodal re-entry; AVR=A-V re-entry.

誘発時の左室収縮時相の変化を検討すると、ET は両群ともに有意に短縮した (Fig. 3)。すなわち

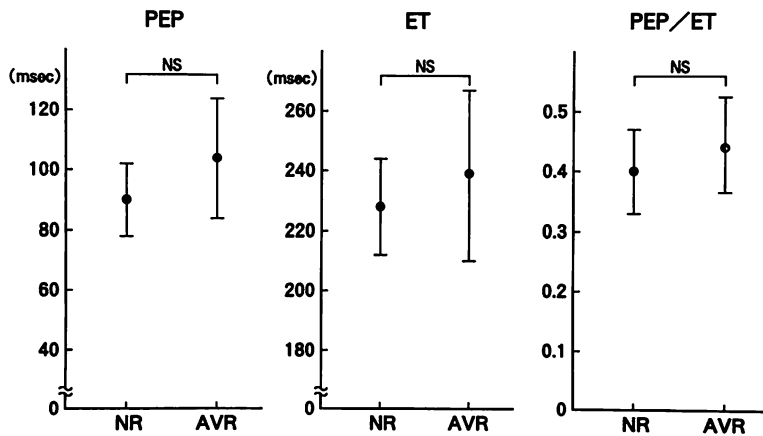


Fig. 2. Comparison of the mean value of left ventricular systolic time intervals in the control state (atrial pacing  $90/\text{min}$ ) between the 2 groups.

PEP=pre-ejection period; ET=ejection time.

Other abbreviations are as in Fig. 1.

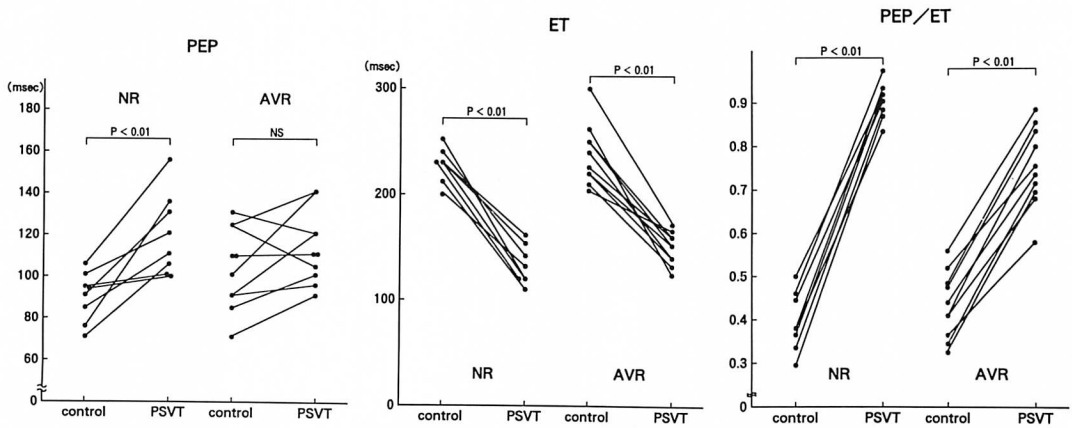


Fig. 3. Changes in left ventricular systolic time intervals during paroxysmal supraventricular tachycardia (PSVT).

Abbreviations are as in Figs. 1 and 2.

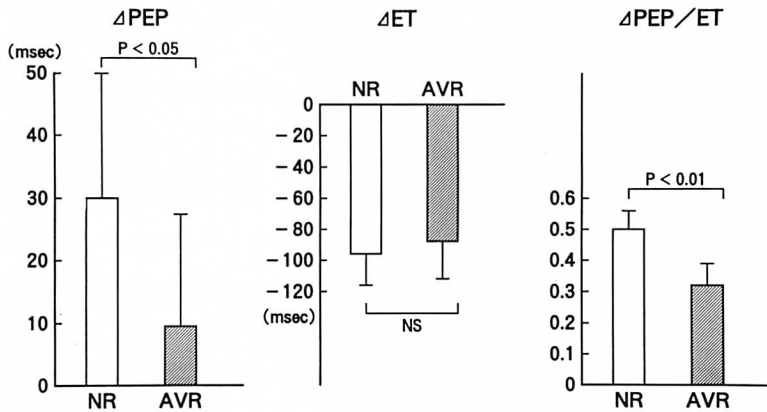


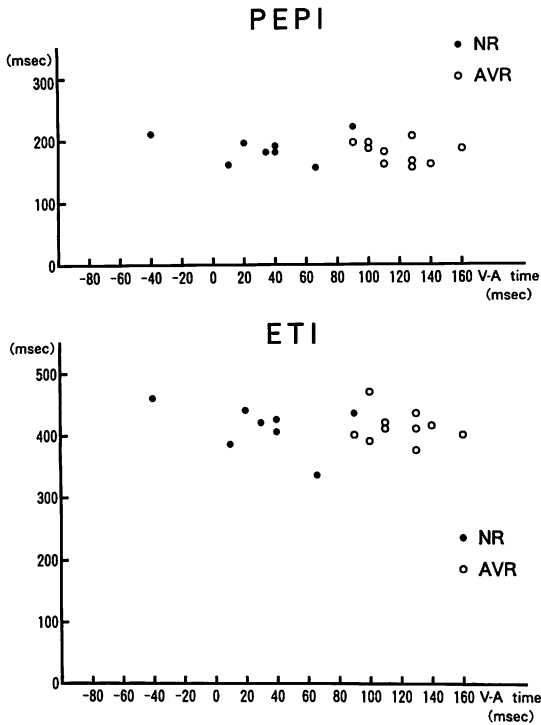
Fig. 4. Comparison of the changes in left ventricular systolic time intervals during paroxysmal supraventricular tachycardia between A-V nodal re-entry and A-V re-entry.

$\Delta$ PEP=change in pre-ejection period;  $\Delta$ ET=change in ejection time;  $\Delta$ PEP/ET=change in PEP/ET.

Other abbreviations are as in Fig. 1.

房室結節内 re-entry 群では  $228 \pm 16$  から  $132 \pm 18$  msec へ, 房室 re-entry 群では  $238 \pm 29$  から  $151 \pm 19$  msec へと短縮した. PEP は房室結節内 re-entry 群では  $89 \pm 12$  から  $119 \pm 20$  msec と有意に延長した. しかし, 房室 re-entry 群では有意な変化はなかった. PEP/ET は両群ともに有意に増加した. すなわち房室結節内 re-entry 群

では  $0.40 \pm 0.07$  から  $0.90 \pm 0.04$ , 房室 re-entry 群では  $0.44 \pm 0.08$  から  $0.75 \pm 0.09$  へと増加した. そこでコントロールに対する左室収縮時相の増加量 ( $\Delta$ ) を両群で比較したが (Fig. 4),  $\Delta$ ET は両群で有意な差はなかった. しかし,  $\Delta$ PEP と  $\Delta$ PEP/ET は, 房室結節内 re-entry 群の方が房室 re-entry 群に比して有意に大であり, PEP お



**Fig. 5. Relationship between left ventricular systolic time intervals and the V-A intervals during paroxysmal supraventricular tachycardia.**

PEPI=pre-ejection period index.  
Other abbreviations are as in Figs. 1 and 2.

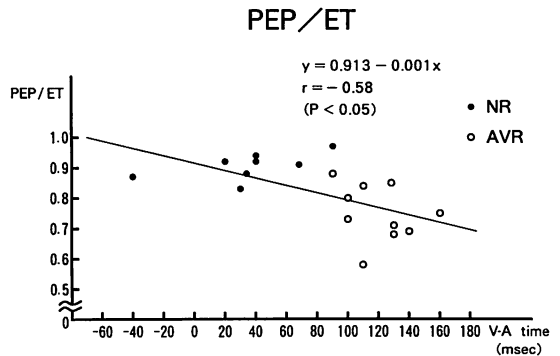
よび PEP/ET 増加の程度が大きかった。

**3. PSVT 中の V-A 時間と左室収縮時相の関係**

PSVT 中の V-A 時間と PEPI および ETI の間には有意な相関はなく、房室結節内 re-entry 群と房室 re-entry 群の間にも差はなかった (Fig. 5)。しかし、PSVT 中の V-A 時間と PEP/ET の間には、Fig. 6 に示すように、 $r = -0.58$  ( $p < 0.05$ ) の有意な負の関係がみられ、V 波と A 波の時相が近い房室結節内 re-entry 群の方が、房室 re-entry 群に比して PEP/ET は大であった。

**考 察**

PSVT の発作中には、心拍数の増加に加えて、



**Fig. 6. Relationship between PEP/ET and the V-A intervals during paroxysmal supraventricular tachycardia.**

Abbreviations are as in Figs. 1 and 2.

心房・心室収縮のタイミングの変化により、心房の booster pump 機能の欠如が血行動態の悪化を招くと考えられている<sup>1-5)</sup>。Hung ら<sup>4)</sup>によれば、上室性頻拍の血行動態の変化は、心室充満の低下による一回拍出量の減少によるものとされている。そしてその原因の 2/3 は心拍数の増加であり、1/3 は心房の booster pump 機能の欠如によるとされている。本研究ではさらに、PSVT における V-A 時間の差異により、血行動態への影響が異なるか否かを左室収縮時相を用いて検討した。

ET は心拍数とは負の、一回拍出量とは正の相関を有する<sup>6)</sup>。本研究で PSVT 時に両群で ET の有意な短縮がみられたのは、心拍数の増加と一回拍出量の減少の両者によると考えられる。一回拍出量の減少は心拍数の増加による拡張期の短縮に加え、心房の booster pump 機能の欠如による左房-左室拡張期流入血流量の減少、すなわち左室拡張終期容量の減少による相乗作用と考えられる<sup>4)</sup>。また、 $\Delta ET$  は両群で有意な差はなく、PSVT 時の ET の短縮の程度には差がなかったと考えられた。

PEP は心収縮力の低下により延長し、心拍数とはわずかながら負の相関を示すといわれている<sup>6)</sup>。また、左室拡張終期圧の低下によって延長する。PSVT 時にはコントロール時に比して、房

室結節内 re-entry 群では PEP が延長し, 房室 re-entry 群では有意な延長はみられなかった. しかし, 心拍数の影響を除外した PEPI の比較では, 両群間に差がなかったことから, 房室結節内 re-entry 群での PEP の延長は, 頻拍時のレートが房室 re-entry 群に比し, 速い傾向にあったことが原因ではないかと考えられた. なお, PEP は拡張期体血圧の影響も受けるが, 両群間で PSVT 時の拡張期体血圧に有意な差は認められず, その影響は無視し得るものと考えた.

本研究では, 通常とは逆に, 房室結節内 re-entry 群の頻拍レートが房室 re-entry 群に比し, 有意差はないが, 速い傾向にあった. この理由としては, 房室結節内 re-entry 群の 8 例中 3 例において, PSVT 中の A-V および V-A 伝導時間がともに短かったため, 心拍数が 180/min 以上と高かったこと, 逆に, 房室 re-entry 群では 10 例中 6 例の頻拍レートが 160/min 以下で, 低い傾向にあったことが考えられる.

PEP/ET は, PSVT 時には両群ともに有意に増加した. ことに房室結節内 re-entry 群では, PEP/ET の増加は房室 re-entry 群に比しより著明であった. 一般に PEP/ET は心拍数の影響を受けず<sup>6)</sup>, 左室駆出分画とよく相関することが知られている<sup>7)</sup>. Hung ら<sup>4)</sup>は心プールシンチグラフィを用いた検討で, 上室性頻拍症の血行動態の変化は心室充満の低下に基づくものであり, 左室駆出分画の低下によるものではないとしている. また, Whiting ら<sup>8)</sup>も, 心房・心室順次ペーシングと心室ペーシングにおける収縮時相を比較し, 心室ペーシングでは有意な PEP の延長, ET の短縮, PEP/ET の増加がみられたと報告している. そしてこれらの変化は左室駆出分画の低下によるものではなく, 有効な心房収縮の欠如した心室ペーシングにおいて, 左室拡張終期容量と一回拍出量の低下によるものであろうとしている.

PSVT 中の V-A 時間と PEP/ET の関係については, Fig. 5 に示したように, V-A 時間が -40 msec から 160 msec の範囲では PEP/ET

との間に負の相関がみられた. すなわち, 房室結節内 re-entry 群のように V 波と A 波の時相が近い場合には, 房室 re-entry 群に比して PEP/ET は大となる. この PEP/ET の変化の相違は, 心房収縮の時相の違いが, 左室拡張終期容量, ひいては左室拡張終期圧に異なる影響を与えていたことが考えられる. すなわち, 房室結節内 re-entry 群のように V 波と A 波の時相が近い場合には, 心室の収縮期に心房が収縮することになる. 血行動態面から考察すると, 心室収縮期の心室内圧が高く, 房室弁が閉鎖している時期に心房が収縮すると, 心房内の血流は肺静脈や上・下大静脈へ逆流し, 次の拡張期の心室への流入血液量が減少すると考えられる<sup>9-11)</sup>. したがって, 房室結節内 re-entry 群にみられる心房収縮は, 心ポンプ機能に対して不利な影響を与えていると思われる. 一方, 房室 re-entry 群のように V-A 時間が比較的長い場合には, 心房収縮の時相は拡張期の初期にほぼ一致するため, 左室拡張終期容量の低下の程度は軽度であると考えられる. したがって, 房室結節内 re-entry 群では心房収縮の時相が血行動態上, 最も不利なタイミングにあるため, 左室拡張終期容量と一回拍出量の低下がより著明であり, PEP/ET の増加の程度が大きくなると考えられる.

以上のごとく, PSVT 時の STI の変化から循環動態の変化を推論すると, 頻拍による拡張期の短縮と心房の booster pump 機能の欠如の両方による左室拡張終期容量低下が一回拍出量の減少を招き, その結果, ET の短縮, PEP の延長, PEP/ET の増加を招来する. また, これらの変化は心房収縮の時相により異なり, 房室結節内 re-entry 群では, 房室 re-entry 群よりもその影響は大であった.

## 結 論

PSVT 中の逆伝導時間がより短い房室結節内 re-entry 群では, 房室 re-entry 群に比し, 頻拍時の左心駆出効率の低下がより著しく, 心室収縮に

対する心房収縮のミスマッチは、逆伝導時間の短い方がその影響は大であった。

### 要 約

上室性頻拍症 (PSVT) 発作中の左室収縮時相 (STI) を評価し、房室結節内 re-entry と房室 re-entry における循環応答の相違を明らかにした。

電気生理学的検査を施行した PSVT 患者 18 例を対象とし、体表面および心腔内心電図と大動脈波曲線を記録した。Q 波より動脈波の立ち上がりまでの時間から脈波伝達時間を減じた値を前駆出時間 (PEP)、動脈波の立ち上がりから diastolic notch までを駆出時間 (ET) とし、心房 pacing 90/min (コントロール) と PSVT 発作中の PEP, ET および PEP/ET を各々測定した。さらに PSVT 中には心拍数と心腔内心電図での V 波-A 波 (V-A) 時間も計測した。

房室結節内 re-entry 群は 8 例、房室 re-entry 群は 10 例で、PSVT 中の心拍数は両群で差がなかったが、V-A 時間は房室結節内 re-entry 群では  $32.5 \pm 38.6$  msec、房室 re-entry 群では  $120.0 \pm 21.6$  msec と、前者で逆伝導時間が短かった。コントロール時の STI には両群間で差はなく、PSVT 発作時には両群ともに有意に ET は短縮、PEP/ET は増加した。PEP は房室結節内 re-entry 群でのみ有意に延長し、その結果、PEP/ET の増加量は房室結節内 re-entry 群の方が大であった。PSVT 中の V-A 時間と STI の関係については、V-A 時間と PEP/ET との間に負の相関が認められた。

以上より、PSVT 中の逆伝導時間のより短い房室結節内 re-entry 群では、房室 re-entry 群に比し、頻拍時の左心駆出効率の低下がより著しく、心室収縮に対する心房収縮のミスマッチは、逆伝導時間の短い方がその影響が大であった。

### 文 献

- 1) Goldreyer BN, Kastor JA, Kershbaum KL: The hemodynamic effect of induced supraventricular tachycardia in man. *Circulation* 54: 783-789, 1976
- 2) McIntosh HD, Morris JJ Jr: The hemodynamic consequences of arrhythmias. *Prog Cardiovasc Dis* 8: 330-363, 1966
- 3) Samet P: Hemodynamic sequelae of cardiac arrhythmias. *Circulation* 47: 399-407, 1973
- 4) Hung J, Kelly DT, Hutton BF, Uther JB, Baird DK: Influence of heart rate and atrial transport on left ventricular volume and function: Relation to hemodynamic changes produced by supraventricular arrhythmia. *Am J Cardiol* 48: 632-638, 1981
- 5) Sganzerla P, Fabbicchi F, Grazi S, Cipolla C, Moruzzi P, Guazzi D: Electrophysiologic and hemodynamic correlates in supraventricular tachycardia. *Eur Heart J* 10: 32-39, 1989
- 6) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 37: 149-159, 1968
- 7) Garrard CL Jr, Weissler AM, Dodge HT: The relationship of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patient with cardiac disease. *Circulation* 42: 455-462, 1970
- 8) Whiting RB, Madigan NP, Heinemann FM, Curtis JJ, Reid J: Atrioventricular sequential pacing: Comparison with ventricular pacing using systolic time intervals. *PACE* 6: 242-246, 1983
- 9) Natio M, Dreifus L, David D, Michelson E, Mardelli J, Kemetzo J: Reevaluation of the role of atrial systole to cardiac hemodynamics: Evidence for pulmonary venous regurgitation during abnormal atrioventricular sequencing. *Am Heart J* 105: 295-302, 1983
- 10) Levine PA, Mace RC: A Guide to Cardiac Pacing for Optimum Hemodynamic Benefit. Futura Publishing Co, New York, 1983, pp 19-40
- 11) Keren G, Sherez J, Megidish R, Levitt B, Laniado S: Pulmonary venous flow pattern: Its relationship to cardiac dynamics: A pulsed Doppler echocardiographic study. *Circulation* 71: 1105-1112, 1985