

心エコー図による心房細動の心収縮様式の検討

Echocardiographic evaluation of the left ventricular contraction in cases with atrial fibrillation

鈴木 博也
柳沼 淑夫
近藤 邦夫
土谷 正雄
椎名 明
細田 瑳一

Hiroya SUZUKI
Toshio YAGINUMA
Kunio KONDO
Masao TSUCHIYA
Akira SHIINA
Saichi HOSODA

Summary

Echocardiographic studies were performed in order to examine the effect of preceding R-R interval (PI) and pre-preceding R-R interval (PPI) on the changes in end-diastolic and end-systolic dimensions (Dd and Ds) in 12 patients with atrial fibrillation.

As PI prolonged, Dd increased and Ds decreased, however, these were constant at the PI of more than 0.80 up to 1.20 sec. At the PI of less than 0.80 sec, Dd and Ds showed a wider range of distribution.

When PPI remained constant, Dd increased and Ds decreased with the prolongation of PI. When PI was kept constant, Dd increased and Ds decreased as PPI became shorter. The greater the degree of PPI shortening and PI prolongation, the larger the increase of Dd and decrease of Ds. Thus, the change of contractile state of the left ventricle in atrial fibrillation was affected not only by the preload of the individual PI, but also by that of the PPI. This is thought to be the same mechanism as in post-extrasystolic potentiation.

Key words

Echocardiography Preceding R-R interval Pre-preceding R-R interval Starling's curve Post-extrasystolic potentiation

はじめに

心房細動における血行動態は、心房収縮の欠除と、各心拍ごとの先行周期の変動に伴う心収縮様

式の変化によって特徴づけられる。

心房細動の血行動態に関しては Einthoven¹⁾, Wiggers²⁾ 以来、心内圧、血流、張力等を用いて動物実験的検討が重ねられてきている。臨床例に

自治医科大学 循環器内科
栃木県河内郡南河内町薬師寺 (〒329-04)

Department of Cardiology, Department of Internal Medicine, Jichi Medical School, Minamikawachimachi, Kawachi-gun, Tochigi 329-04

Presented at the 16th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 28, 1978
Received for publication February 13, 1981

おける容積変化について Dodge³⁾ は左室辺縁の electrokymography を用い拡張終期, 収縮終期の振幅より, また Braunwald ら⁴⁾ は術中左室表面に mercury-filled resistance gage を縫着し, 左室心筋の線維長の変化を連続的に測定することにより左室容積変化を検討した. 本稿では UCG を用い, 各心拍ごとの左室拡張終期径および収縮終期径の変化を詳細に検討し, 先行周期, 先々行周期が左室拡張終期径, 収縮終期径に与える影響について検討した.

対象および方法

対象は弁膜症のない心房細動例 12 例で心エコー図を記録し, とくに心周期の変化が著しくかつ良好なエコーの得られたものである (Table 1). 心エコー図は Ekoline 20A, 2.25 MHz, 直径 0.5 cm の unfocused transducer を用い, 記録は E for M, VR-12 にて, 紙送り速度 50~100 mm/sec にて行った. 被検者は仰臥位にて胸骨左

Table 1. List of cases studied

Case	Name	Age (y.o)	Sex	Diagnosis
1	O.K.	73	♀	HT
2	K.C.	46	♂	HT
3	T.H.	58	♂	ANG
4	E.T.	65	♂	HT
5	T.S.	58	♂	HT
6	M.I.	44	♀	Lone AF
7	Y.T.	51	♂	DM
8	J.K.	55	♂	Inf. MI
9	S.N.	52	♂	Coronary insuf.
10	S.Ö.	53	♂	HT
11	Y.M.	43	♂	ANG
12	S.Y.	65	♀	HT

HT=hypertension; ANG=angina pectoris; AF=atrial fibrillation; DM=diabetes mellitus; Inf. MI=inferior myocardial infarction; Coronary insuf.=coronary insufficiency.

縁第 3~4 肋間に探触子を置き, 心室中隔および左室後壁がもっともよく記録できる位置にて, 呼

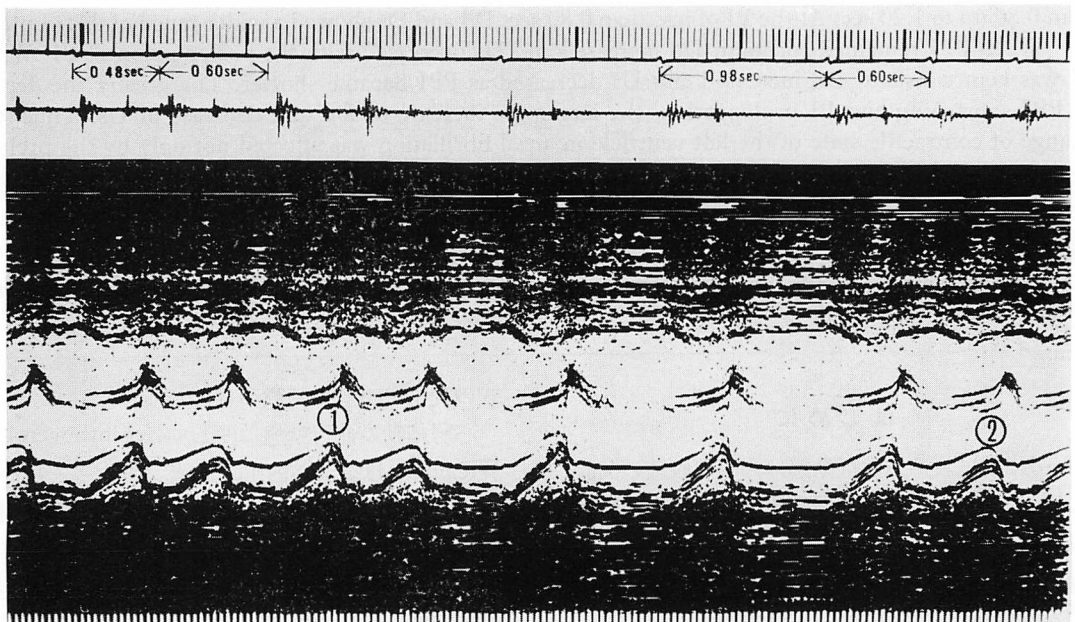


Fig. 1. Left ventricular echogram in a case with atrial fibrillation.

Effects of PPI on the succeeding contractions are indicated. In spite of PI of equal degree (=0.60 sec.), the Ds of ① (PPI=0.48 sec.) shows a smaller Ds than that of ② (PPI=0.98 sec.).

気停止ないしは浅い呼吸にて100心拍以上繰り返し記録した。検討する心拍とそれに先行する心拍の R-R interval (先行周期 preceding interval PI と略), およびこれにさらに先行する心拍の R-R interval (先々行周期 pre-preceding interval PPI と略) を計測し, これらが拡張終期, 収縮終期径におよぼす影響について検討した (Fig. 1). 左室腔の計測は心電図上 II 誘導 R の頂点にて左室拡張終期径 (以下 Dd) を, 心音図上 IIA の時点で収縮終期径 (以下 Ds) を計測した。

結 果

Fig. 2 は Case 1 について, 縦軸に Dd, Ds を横軸に PI をとったものである。PI の延長に伴い全例にて Dd は増大, Ds は減少傾向を示した。本症例では PI が 0.8 sec 以上では Dd, Ds とも一定値に近づくがそれ以下ではかなりのばらつきがみられた。そこで同症例について PPI の影響を検討するために, PI が一定で PPI が変

化した時の Dd, Ds の値を図示したものが Fig. 3 である。PI を 0.4 sec より 0.7 sec まで 0.1 sec の間隔にとる。すなわち PI 0.5 sec とは 0.50 より 0.59 sec とすると, 各 PI 群とも PPI の短いほど Dd は増大し, Ds は減少する傾向を示した。Fig. 3 では PI=0.7 sec, PPI=0.5 sec の時 Dd はもっとも大きく, Ds はもっとも小さい結果を得た。

そこで Fig. 4 は全 12 症例につき PI=0.9 sec, PPI=0.5 sec の時の Dd, Ds の値を基準にして, PI=0.9 sec の時 PPI が 0.5 sec より 1.0 sec まで 0.1 sec 間隔で変化した時の, Dd, Ds の値を % 表示した平均値および標準偏差である。PPI の延長に伴い, Dd の平均値は 1% の減少にとどまるが, Ds は PPI の延長につれて増大し, 1.0 sec の時 6.5% 増大していた。いい換えれば, PI=0.90 sec で PPI が減少するにつれて, Ds は次第に減少することを示す。Fig. 5 は Case 2 について Fig. 3 とは逆に PPI が 0.5

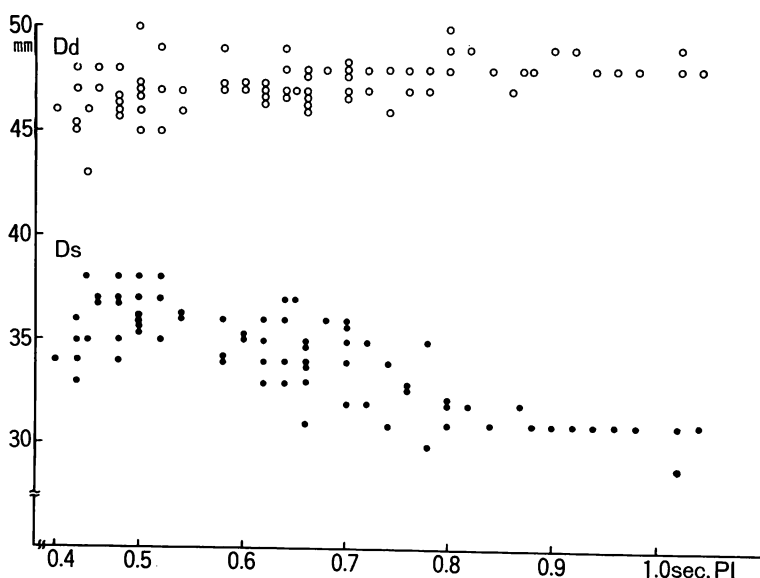


Fig. 2. Correlation between Dd, Ds and PI in Case 1.

At a PI of more than 0.80 sec, Ds and Dd remain constant. At a PI of less than 0.80 sec, Dd and Ds show a wider range of distribution.

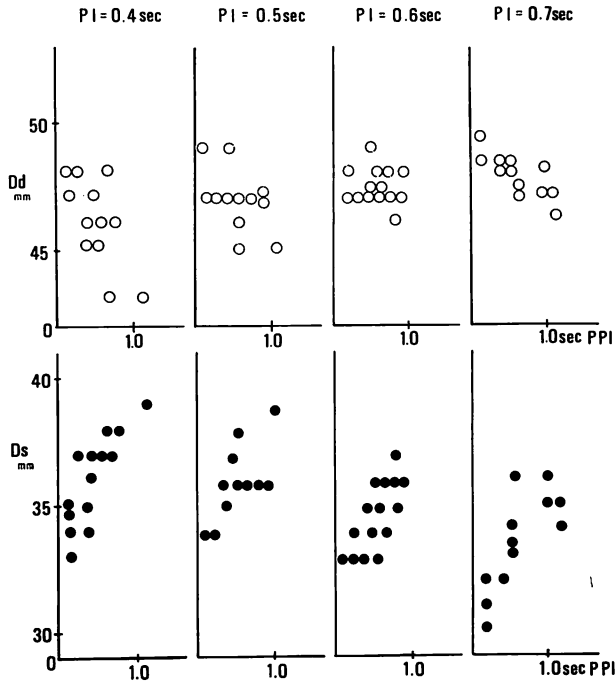


Fig. 3. Correlations between Dd, Ds and PPI at constant PI in Case 1.

With a shortened PPI, Dd increases and Ds decreases at all constant PI values from 0.4 to 0.7 sec. These findings are most remarkable at a PPI of 0.5 sec and a PI of 0.7 sec.

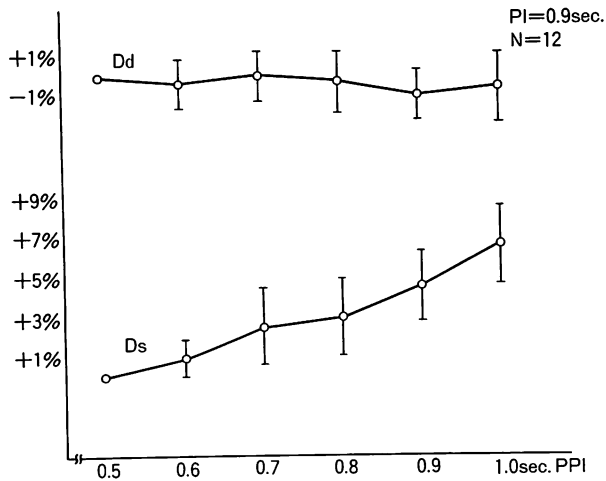


Fig. 4. Relationship between mean value and one standard deviation of Dd, Ds and PPI at a constant PI in 12 cases.

With a prolonged PPI, Ds increases at a constant PI of 0.9 sec.

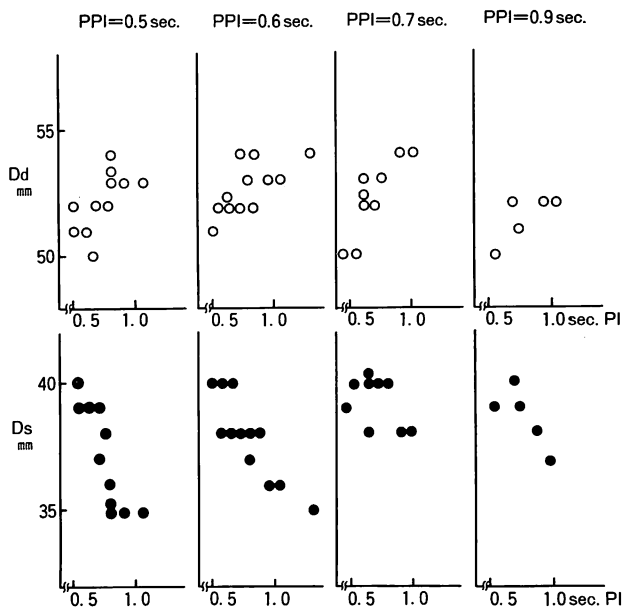


Fig. 5. Correlations between Dd, Ds and PI at constant PPI in Case 2.

With a prolonged PI, Dd increases and Ds decreases at all PPI values from 0.5 to 0.9 sec. These findings are most remarkable at a PPI of 0.5 sec and a PI of 1.2 sec.

sec より 0.9 sec までの 0.1 sec 間隔の 4 群の PPI に対して、PI の変化による Dd, Ds の値を図示したものである。いずれの場合にも PI の延長につれて Dd は増大し、Ds は短縮する。この症例においては PPI=0.5 sec, PI=1.2 sec の時 Ds はもっとも小さくなる。

Fig. 6 は Case 3 について Fig. 5 と同様に PPI が 0.5, 0.6, 0.7 sec の各群で PI が Dd, Ds に与える影響についてみたものである。図中破線は PPI と PI が等しい時の Dd, Ds の値を、PI 時間軸(横軸)に合わせて図示したものである。この破線の示す結果は、PI の延長に伴い Dd は次第に拡張するが、Ds は 0.7 sec ごろよりほぼ一定値を示す。一方 PPI が一定の 3 群との比較においては、Dd は PI の延長に伴い PPI 一定群(白丸)との差は小さいが、Ds では PPI 一定群(黒丸)との差が大きくなる結果を得た。たとえば Fig. 6 の PPI=0.5 sec, PI=1.0 sec における破線と Dd, Ds の丸印との差は、PPI=PI=

1.0 sec の心周期における Dd, Ds との差を示している。

考 案

心収縮における preload の影響について、心肺標本における Starling の法則⁵⁾はその後 Dodge⁶⁾, Braunwald ら⁴⁾により臨床例においても支持されている。すなわち心房細動における左室収縮は先行心拍の拡張終期容量によって変化する。そして左室拡張終期容量は拡張充満期の長さ、左房圧、左室 compliance によって決定されるが、各心拍ごとの心周期の長さにより左房圧、左室 compliance が著しく変化しないと考えると、左室拡張終期容量は拡張充満期の長さによって決定され、Starling の法則にしたがいつぎの心収縮様式が決定される。各心拍ごとの拡張充満期の長さの変化による心収縮様式を検討するのに、孤立性心房細動はもっとも適していると考えられる。心収縮力は圧、張力、収縮終期容積等で表現され、心房細

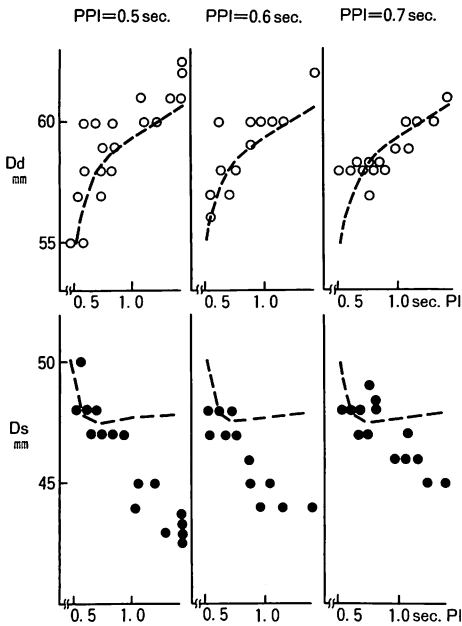


Fig. 6. Correlations between Dd, Ds and PI at a constant PPI in Case 3.

The dashed lines indicate the mean value of Dd and Ds at the identical PI and PPI. With a prolonged PI, Dd increases and Ds decreases. The separations of Dd or Ds from the dashed line are most remarkable at a PPI of 0.5 sec, and a PI of 1.4 sec. The result of this separation indicates the potentiated cardiac effect of the different PPI.

動例で前2者の各心拍ごとの変化をみた報告はなされているが^{6,7)}臨床例における計測の困難さから拡張終期, 収縮終期容積に関する検討は十分に なされていない。UCGは各心拍ごとのこれらの容積変化にかかわるものとして, 左室内径を連続的に記録, 検討することを可能にし, 心収縮力を評価する上で有用な手段と考える。

Fig. 7は同一症例の大動脈弁エコー, 大動脈圧, 大動脈血流速度と左室エコーの記録であるが, PIの長い周期は短い周期に比し, つぎにくる心周期の大動脈圧, 大動脈血流速度とも大きくまた左室エコー上の所見は強い収縮を示す。

Afterloadに関しては大動脈弁開放に伴い大動脈拡張期圧が負荷となるが, 駆出が進むにつれて

動脈系の壁伸展性が afterload の決定因子となる⁸⁾。したがって収縮終期の状態においてはもはや大動脈拡張期圧の影響は少なく, 動脈系に充満した血液容量と壁特性が問題となる⁹⁾。心房細動における大動脈拡張期圧は先行拡張周期により変化するが, 動脈壁伸展性については各心周期による差はないと考えられる。したがって, PIを一定と考えた時 afterload はほとんど変化せず, Dsを決定するおもな因子は preload としての Ddと心室壁の収縮力となる。Fig. 6において破線で示された曲線は心周期に伴う内径変化を示し, その Dd, Ds 曲線は一応 Starling 曲線とみなすことができる。Ddは各群ともPIの延長に伴い破線との隔たりが目立つ。DsはPIの延長に伴いこの破線からより離れてより強い収縮所見を示す。またPPIが短いほどこの差は大きく, 心周期変化の心筋収縮力に与える影響が強いことを示している。

要 約

心房細動を有する非弁膜症例12例にて, 先行周期, 先々行周期の Dd, Ds の変化におよぼす影響について検討した。

PIの延長に伴い Dd, Dsとも増大傾向を示すが, PI=0.8 secより1.2 secの間で変曲点をつくり, それ以上では Dd, Dsとも一定値に近づいた。

同一PIに対してはPPIの短いものほどDdは増大し, Dsは減少した。

またPIとPPIが等しい周期におけるDd, Dsと対比すると, その隔たりはPPIが短いほど大きい結果を得た。

以上の結果より①先行周期が長くなると先々行周期の影響を受けなくなる(対象によりその周期は異なる), ②PIとPPIが等しい周期にて機能している状態に対してPPI/PIが小さいほど通常機能よりさらに収縮の高まった状態へと移行するという結果を得た。

心房細動におけるこの収縮力の変化は, 同一

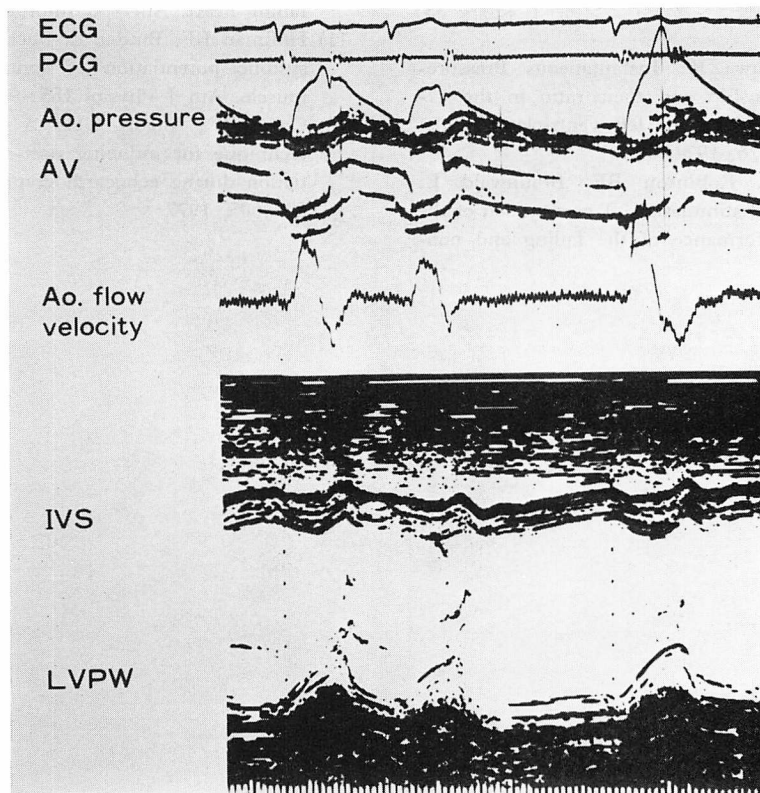


Fig. 7. Recording of aortic pressure, aortic valve echogram, aortic flow velocity and LV echogram in various cardiac cycles.

The longer PI is followed by decreased Ds, larger aortic pressure and aortic flow velocity in the succeeding cardiac contraction than those in a shorter PI.

preload との比較および同じ心外性 afterload で検討されている点で postextrasystolic potentiation¹⁰⁻¹²⁾ と同様の mechanism の関与が与えられる。

文 献

- 1) Einthoven W, Korteweg AJ: On the variability of the size of the pulse in cases of auricular fibrillation. *Heart* **6**: 107-120, 1915
- 2) Wiggers CJ: Studies on the pathological physiology of the heart. I. The intraauricular, intraventricular, and aortic pressure curves in auricular fibrillations. *Arch Intern Med* **15**: 77-91, 1915
- 3) Dodge HT, Kirkham FT, King CV: Ventricular dynamics in atrial fibrillation. *Circulation* **15**: 335-347, 1957
- 4) Braunwald E, Frye RL, Aygen MM, Gilbert JW Jr: Studies on Starling's law of the heart. Observations in patients with mitral stenosis and atrial fibrillation on the relationship between left ventricular segment length, filling pressure and the characteristics of ventricular contraction. *J Clin Invest* **39**: 1874-1884, 1960
- 5) Patterson SW, Piper H, Starling EH: The regulation of the heart beat. *J Physiol* **48**: 465-513, 1914
- 6) Rogel S, Mahler Y: Myocardial tension in atrial fibrillation. *J Appl Physiol* **27**: 822-825, 1969
- 7) Edmands RE, Greenspan K, Fisch C: The role of inotropic variation in ventricular function during atrial fibrillation. *J Clin Invest* **49**: 738-746, 1970

鈴木, 柳沼, 近藤, ほか

- 8) 柳沼淑夫: 大動脈コンプライアンス. 日本臨床 **33**: 79-87, 1975
- 9) Suga H, Sagawa K: Instantaneous Pressure-volume relationship and their ratio in the exercise, supported canine left ventricle. *Circulat Res* **35**: 117-126, 1974
- 10) Frommer PL, Robinson BF, Braunwald E: Paired electrical stimulation. A comparison of the effects on performance of the failing and non-failing heart. *Am J Cardiol* **18**: 738-744, 1966
- 11) Hoffman BF, Binder E, Sucking E: Post-extrasystolic potentiation of contraction in cardiac muscle. *Am J Physiol* **185**: 95-102, 1956
- 12) Cohn PF, Angoff GH: A new, non-invasive technique for inducing post-extrasystolic potentiation during echocardiography. *Circulation* **56**: 598-605, 1977