

超音波パルス・ドップラー
法による心室性期外収縮の
血行動態評価

Pulsed Doppler echo-
cardiographic evalua-
tions of hemodynamics
in ventricular premature
contractions

高木 茂人
岩瀬 正嗣
胡 小菁
青木 敏夫
横田 充弘
林 博史
外畑 巖

Shigehito TAKAGI
Masatsugu IWASE
Hu Xiao JING
Toshio AOKI
Mitsuhiro YOKOTA
Hiroshi HAYASHI
Iwao SOTOBATA

Summary

To investigate hemodynamic changes in ventricular premature contractions (VPCs), the blood flow velocities at the left ventricular (LV) outflow and inflow tracts were analyzed by pulsed Doppler echocardiography in 23 patients with VPCs and in two patients with ventricular parasystoles. Percent LV stroke volume of the ectopic and the postectopic sinus beats to the other sinus beats and %LV inflow volume of the sinus beats preceding ectopic beats to the other sinus beats were calculated from the time integral of the blood flow velocity.

The following results were obtained.

1. The %LV stroke volume of VPCs or %LV inflow volume of the preceding sinus beats correlated positively with the coupling interval of VPCs ($r=0.69$, $p<0.001$ and $r=0.67$, $p<0.001$, respectively).

2. The %LV stroke volume of VPCs correlated positively with %LV inflow volume of the preceding sinus beats ($r=0.84$, $p<0.001$). In some patients with VPCs of the RBBB pattern and in one patient with VPCs of the LBBB pattern associated with abnormal right axis deviation, the %LV stroke volume of VPC was much more reduced.

3. In patients with depressed rapid filling and increased atrial filling, %LV stroke volume of the VPC or %LV inflow volume of the preceding sinus beat was smaller than in the other patients with the same coupling interval of VPCs.

4. In VPCs of right ventricular (RV) origin, deterioration of RV hemodynamics was more prominent than in those of LV origin, and vice versa.

5. Increased LV stroke volume was observed in postextrasystolic sinus beats, related to the coupl-

名古屋大学医学部 第一内科
名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

The First Department of Internal Medicine, Nagoya
University School of Medicine, Tsurumai-cho 65,
Showa-ku, Nagoya, 466

Received for publication February 26, 1986; accepted April 13, 1986 (Ref. No. 31-24)

ing intervals of VPCs. However, the sum of %LV stroke volume of VPC and the postextrasystolic sinus beat decreased as the coupling intervals of VPC shortened.

These results suggest that not only the coupling interval and the origin of VPCs but the LV diastolic behavior, as well, are important factors determining the hemodynamics in VPCs. They also suggest that the increment of stroke volume in postextrasystolic beats is more prominent in VPCs with shorter coupling intervals, but the LV performance as a whole is more depressed in VPCs with a shorter coupling intervals.

In conclusion, pulsed Doppler echocardiography proved a useful noninvasive technique for evaluating the hemodynamics of VPCs.

Key words

Pulsed Doppler echocardiography

LV inflow and outflow velocity

Ventricular premature contraction

はじめに

心室期外収縮 (ventricular premature contraction: VPC) は, 日常临床上, 最もしばしば遭遇する不整脈であり, その心行動態に関与する因子の理解は重要と考えられる. しかし, この期外収縮の心行動態に関する報告は比較的少なく¹⁻³⁾, その原因の一つとして, 期外収縮の心行動態の把握には, 1拍ごとの心行動態の測定が必要であるため, 従来の非観血的評価では評価困難であったことが考えられる. Mモード心エコー図法を用いた報告⁴⁾もあるが, 心室期外収縮における不均等収縮を考慮すると, ある限られた局所壁運動から左室全体の機能を評価することには, 問題があると考えられる.

超音波パルス・ドップラー法は, 非観血的に, 1拍ごとの心腔内の血流評価が可能であり, 左室流出および流入路で測定された血流速度は, 左室収縮様式にかかわらず, 左室全体の機能を反映すると考えられる.

本研究では超音波パルス・ドップラー法を用い, 左室流入および流出血流速度波形を記録し, 心室期外収縮の心行動態を検討した.

対象と方法

対象は単一起源の心室期外収縮 23例, 心室副収縮 2例(男性 15例, 女性 10例, 平均年齢 33±20歳)で, そのうち, 19例は左脚ブロック型期外

収縮, 6例は右脚ブロック型期外収縮であった. 心室期外収縮は全例, 代償性休止期を有し, 2段脈の症例は除外した. 対象の基礎疾患は, 拡張型心筋症 2例, 陳旧性心筋梗塞 2例, 高血圧症 2例, 弁膜症 2例, 僧帽弁逸脱症 1例で, その他の 16例は特に基礎疾患を有しない例であった.

超音波パルス・ドップラー法により, 左室流出血流速度および左室流入血流速度をそれぞれ, 洞心拍, 期外収縮心拍および期外収縮直後の洞心拍について記録した. 大動脈弁直下の流出路および僧帽弁輪部で得られた流出および流入速度波形の時間積分値, すなわち血流速度波形の面積は, それぞれ一回拍出量および一回流入量を反映すると考えられる⁵⁾. したがって, 本研究では, 洞心拍に対する期外収縮心拍の左室流出血流速度波形の面積の比を左室流出率(%LV stroke volume), 洞心拍に対する期外収縮に先行する心拍の左室流入血流速度波形の面積の比を, 左室流入率(%LV inflow volume)として求めた. 心室期外収縮直後の心拍についても同様に, 洞心拍に対する左室流出血流速度波形の面積の比を, 心室期外収縮直後の心拍の左室流出率として求めた (Fig. 1). 洞心拍の血流速度波形の面積の測定には, 期外収縮に前後しない連続3心拍の平均値を用いた.

使用装置には東芝製 SSH-40A と SDS 21A を用い, 50 mm/sec の紙送り速度で記録した. 仰臥位での自然呼吸下に, 心尖部アプローチにより, 大動脈弁直下の流出路において左室流出血流速度

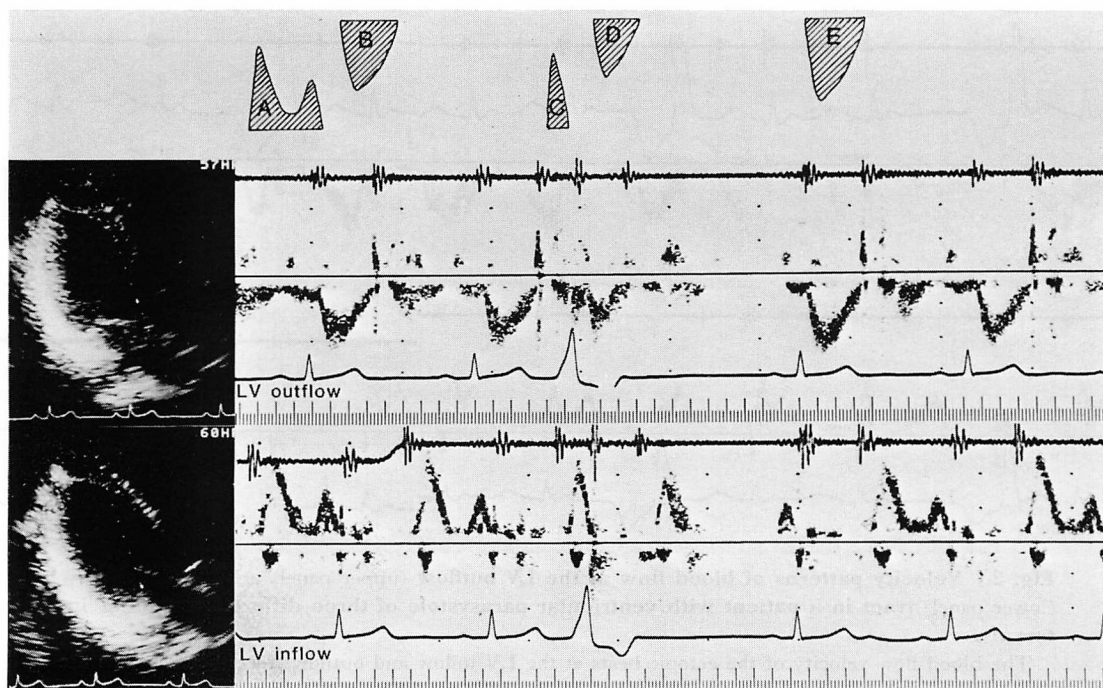


Fig. 1. Measurements of %LV inflow volume and %LV stroke volume based on the time velocity integral of pulsed Doppler recordings.

D/B=% LV stroke volume of VPC to sinus beat

E/B=% LV stroke volume of postextrasystolic beat to sinus beat

C/A=% LV inflow volume of preceding beat of VPC to sinus beat

を、また僧帽弁輪中央部において左室流入血流速を測定した。

結 果

1. 連結期の長さとおよび左室流入率との関係

Fig. 2 は心室副収縮において、3つの異なる連結期の心室副収縮心拍における左室流入および流出血流速波形を示す。左側の心室副収縮心拍は連結期が 410 mmsec と短く、心室副収縮心拍により先行急速流入は早期に中断され、流出血流速は認められない。この心室副収縮心拍につづく洞心拍では、流出血流速の増大が見られる。中央の心室副収縮心拍では、連結期が 560 msec と長く、先行急速流入はほとんど障害されず、流出血流速は洞心拍にほぼ近い値を示す。この心室副調律心

拍に続く洞心拍では流出血流速の増大は見られない。右側の心室副収縮心拍は連結期が 520 msec と前二者のほぼ中間の値を示し、先行急速流入は不完全に中断され、流出血流速は中等度に減少している。本症例において、連結期と左室流出率および左室流入率との間には、それぞれ、 $r=0.94$ ($p<0.001$) および $r=0.93$ ($p<0.001$) の有意な正相関が存在した (Fig. 3)。

2. 左室流入率と左室流出率との関係

心室期外収縮に先行する洞心拍の左室流入率と期外収縮心拍の左室流出率との間には、 $r=0.84$ ($p<0.001$) と有意な正相関を認めた。異常軸偏位を伴う左脚ブロック型期外収縮および右脚ブロック型期外収縮の一部の症例では、左室流入率に比べ、左室流出率の低下が大きかった (Fig. 4)。

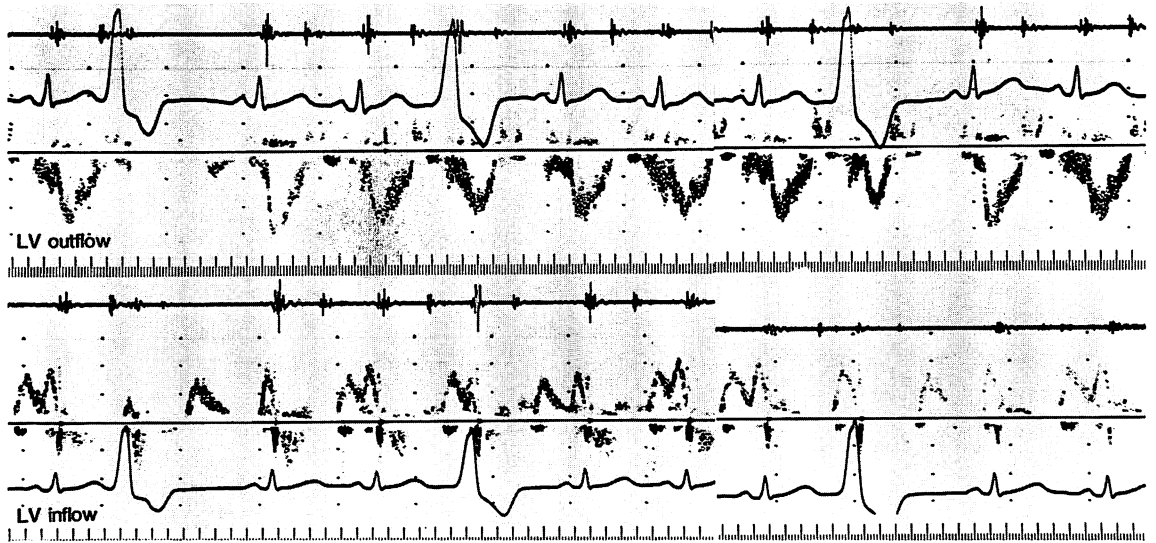


Fig. 2. Velocity patterns of blood flow at the LV outflow (upper panel) and the LV inflow (lower panel) tract in a patient with ventricular parasystole of three different coupling intervals.

The blood flow velocity of the ectopic beats at the LV inflow and outflow tracts decreased as the coupling interval shortened. Increased blood flow velocity at the LV outflow tract in postectopic sinus beats was more prominent compared with that of the ectopic beats of a shorter coupling interval.

3. 連結期の長さとおよび流出率との関係に及ぼす左室流入様式の影響

洞心拍の左室流入血流速度波形において、急速流入が低下し、代償性に左房収縮による流入の増大している症例では、連結期が十分長くても、期外収縮に先行する左室流入は少なく、期外収縮の流出血流速度波形は小さかった (Fig. 5). 全症例において、心室期外収縮の連結期の長さとおよび期外収縮に先行する洞心拍の左室流入率、および期外収縮心拍の左室流出率との間には、それぞれ、 $r=0.67$ ($p<0.001$), $r=0.69$ ($p<0.001$) の有意な正相関が存在した。しかし、拡張期の全血流速度波形の面積に対する左房収縮による血流速度波形の面積の割合 (A/F) が 0.5 以上の症例、すなわち、急速流入が障害され、代償性に左房収縮による流入の増大した症例は、 $A/F<0.5$ の症例、すなわち、急速流入の障害されていない症例に比べ、同一の連結期における左室流出率および流入率は小さかった

(Fig. 6).

4. 心室期外収縮の起源と左右心室における流入および流出血流速度の関係

左室起源と考えられる右脚ブロック型期外収縮では、右室に比べ左室の血行動態の抑制が著しく、同一連結期における一回流入量および一回拍出量の減少は左室の方が著しかった (Fig. 7). 一方、右室起源と考えられる左脚ブロック型期外収縮では、逆に右室の血行動態の抑制が著しく、同一連結期における一回流入量および一回拍出量の減少は右室の方が著しかった (Fig. 8). しかし、右脚ブロック型期外収縮でも、左脚ブロック型期外収縮と同様の血行動態を示すものもあり (Fig. 4), 単純に右脚ブロック型、左脚ブロック型という分け方では、血行動態の差異を見い出せなかった。

5. 心室期外収縮の連結期の長さとおよび期外収縮直後の洞心拍における左室流出率の関係

連結期が短くなるにつれ、期外収縮直後の洞心

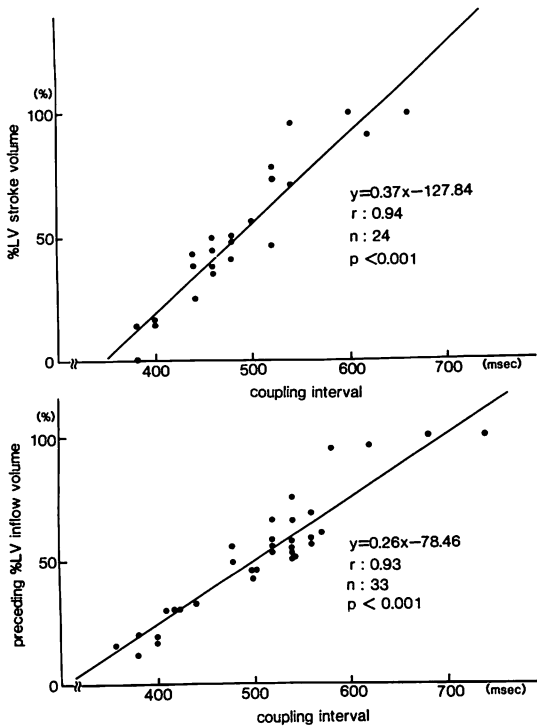


Fig. 3. Relationship between the coupling interval and %LV stroke volume of ectopic beats (upper panel) or %LV inflow volume of the preceding sinus beats (lower panel) in a patient with ventricular parasystole.

Percent LV stroke volume of ectopic beats or %LV inflow volume of the preceding sinus beats correlated with the coupling interval.

拍における左室流出率は増大する傾向を示した。しかし、期外収縮心拍の左室流出率と期外収縮直後の洞心拍の左室流出率の和は、連結期が短くなるにつれ減少する傾向にあり、両者の間には正相関を認めた (Fig. 9)。

考 察

不整脈、ことに単発性の心室期外収縮の心行動態に関する報告は比較的少ない。その理由として、临床上、不整脈そのものの心行動態より、基礎疾患の病態の方が前面にでてくることが多いこと、さらに、期外収縮の心行動態の把握には、

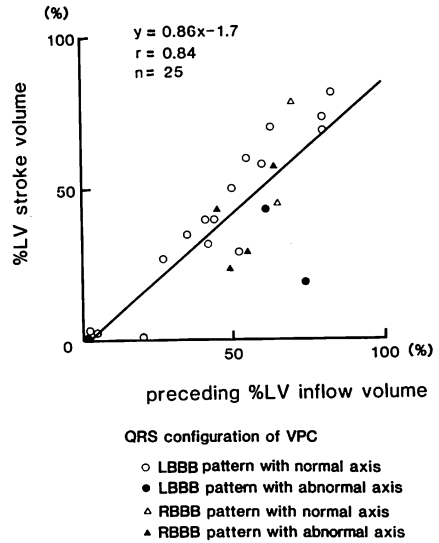


Fig. 4. Relationship between %LV stroke volume of VPCs and %LV inflow volume of the sinus beats preceding VPCs.

There is a significant positive correlation between %LV stroke volume and %LV inflow volume of the sinus beats preceding VPCs. In some patients with VPC of RBBB pattern or of LBBB pattern with abnormal axis, %LV stroke volume of VPCs was much more reduced.

一拍ごとの心行動態の測定が必要であるため、従来、心カテーテル等の観血的手段に頼らざる得なかったことが考えられる。本研究に用いた超音波パルス・ドップラー法は、非観血的に、一拍毎の心腔内の血流評価が可能であり、不整脈の心行動態の評価には、非常に適した方法であると考えられる。また、従来の不整脈の心行動態に関する研究は、心室拍出にのみ向けられてきたが、本法を用いれば心室流入の評価も容易であり、この点、不整脈の心行動態を規定する因子に関する新しい情報をも提供すると考えられる。

左室一回拍出量および一回流入量は、大動脈弁直下の流出路および僧帽弁輪部の断面積にそれぞれの血流速の時間積分値、すなわち血流速波形の面積を乗じたものとして求められる⁵⁾。したがって、同一患者における、洞心拍に対する心室期外

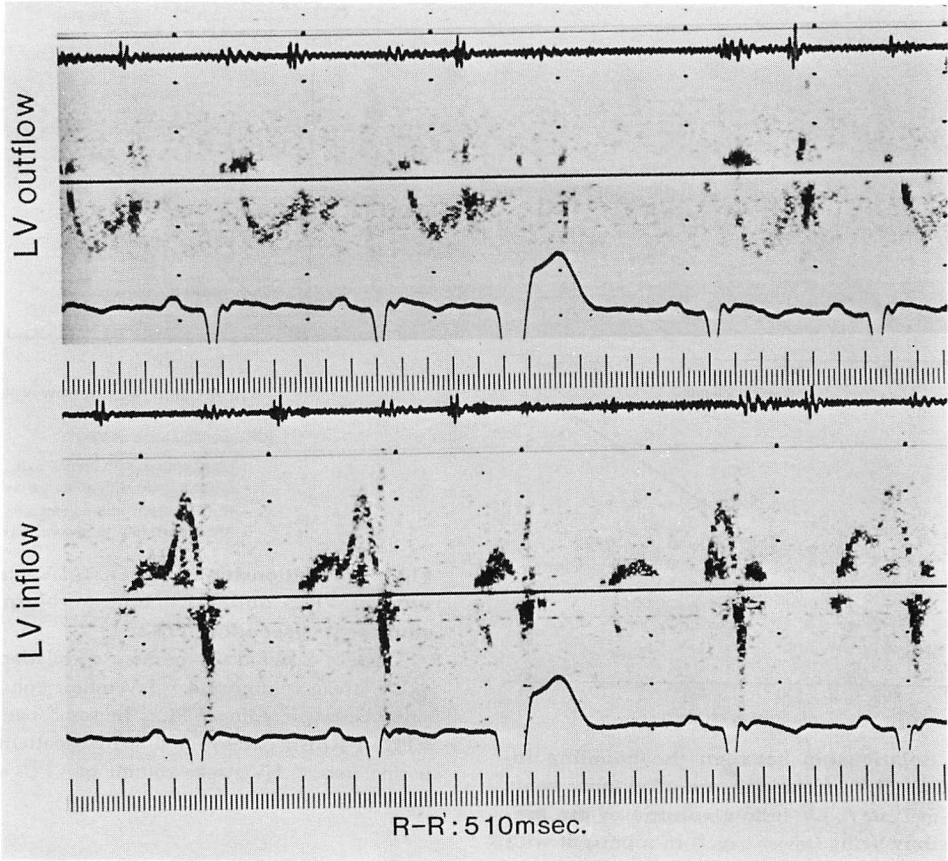


Fig. 5. Blood flow velocity at the LV outflow (upper panel) and inflow (lower panel) tract in a patient with old myocardial infarction.

In this patient, LV rapid filling in sinus beats is depressed with augmented filling by atrial contraction. The LV filling preceding VPC is not sufficient in spite of a longer coupling interval, which resulted in almost no detectable LV outflow velocity.

収縮の左室流出および流入血流速度波形の面積の比率は、それぞれ、洞心拍に対する期外収縮の一回拍出量および一回流入量の比率を表わすと考えられる。

心室期外収縮の心行動態に関与する因子として、(1) 充満時間の短縮による心室拡張末期容積の減少^{1,4)} (前負荷の減少), (2) 先行拡張末期大動脈圧の上昇¹⁾ (後負荷の増加), (3) 心筋収縮能の回復程度^{6,7)}, (4) 期外収縮の興奮伝播様式の異常にともなう心室収縮の非協調性⁸⁾, (5) 房室弁逆流⁹⁾などが考えられる。本研究では、主に (1) と (4)

について検討した。

心室期外収縮の連結期の長さとし心行動態について、加藤¹⁾は、先行心室充満期と期外収縮の連結期は正相関し、連結期の短縮は先行心拍の心室拡張終期容積の減少を来たすとした。そしてその指標である拡張終期心室周囲長と期外収縮の連結期の関係は、二次曲線をなすと報告した。我々の検討では、期外収縮の連結期の長さとし左室一回流入量の間には有意な正相関を認めた。このことは、連結期が短くなるにつれ、先行心拍の左室一回流入量が減少すること、すなわち期外収縮開始

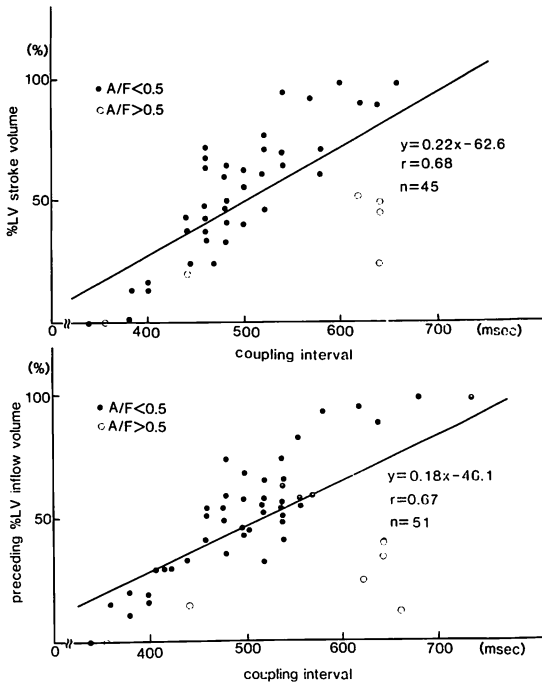


Fig. 6. Relation between the coupling interval and %LV stroke volume of VPCs or %LV inflow volume of the preceding sinus beats.

The coupling interval correlated with %LV stroke volume of VPCs and also with %LV inflow volume of the preceding sinus beats. In patients with depressed LV rapid filling and increased LV filling by atrial contraction (A/F>0.5), %LV stroke volume of VPCs or %LV inflow volume of the preceding sinus beats was smaller than in the other patients (A/F<0.5) with the same coupling interval.

A=time-velocity integral of the blood flow at the LV inflow tract in the atrial contraction phase; F=time-velocity integral of the blood flow at the LV inflow tract in total diastolic phase.

時の左室拡張終期容積が連結期の短縮につれ減少することを意味すると考えられた。

心室期外収縮の一回拍出量と連結期の長さに関して、加藤ら¹⁾は、拡張終期心室周囲長の短縮とともに大動脈血流量は、ほぼ直線関係を示して減少すること、Chonら⁴⁾はMモード心エコー図法を用いた研究で、期外収縮の一回拍出量と先行心拍の拡張末期容積が正相関を示すことを報告し

た。我々の検討でも同様に、期外収縮の連結期の長さとは一回拍出量の間には、有意な正相関を認めた。また、期外収縮に先行する心拍の一回流入量と期外収縮の一回拍出量の間にも、有意な正相関を認めた。このことは、連結期が短くなるにつれ、期外収縮開始時の左室拡張終期容積が減少し、その結果、一回拍出量が減少すること、すなわち、期外収縮の心行動態においても、Frank-Starlingの法則が成り立つことを示唆すると考えられた。

しかし、期外収縮の連結期の長さとは先行心拍の左室一回流入量、および期外収縮の一回拍出量の減少の程度との関係は、各々の症例により異なり、Fig. 5に示したように、洞心拍で、左室急速流入が障害され、その代償として左房収縮による流入の増大した症例では、連結期がある程度長くても十分な流入および拍出が得られない。Fig. 6に示したように、拡張期左室全流入量に対する左房収縮による流入量の割合が0.5以上の症例では、0.5以下の症例に比べ、連結期の長さが同じでも、先行心拍の一回流入量および期外収縮の一回拍出量は明らかに少ない。これらのことから、心室期外収縮の心行動態を規定する因子として、連結期の長さとともに、左室流入様式の関与も重要であると考えられた。

急速流入の低下と、その代償と考えられる左房収縮による流入の増大は、左室拡張性の低下に原因すると考えられる。左室拡張性の低下は、加齢に伴って、また高血圧症、虚血性心疾患、肥大型心筋症などの疾患において、認められることが知られている¹⁰⁻¹²⁾。したがって、高齢者やこれらの病態では、若年者や特別な基礎疾患のない症例に比べ、期外収縮の連結期の長さが同じでも、期外収縮時の一回拍出量および先行心拍の一回流入量の減少が著しいと考えられ、このことは、臨床的に重要な意義を持つと考えられた。

心室期外収縮の起源と心行動態の関係に関して、期外収縮発生側心室の機能は、対側心室に比し劣ること、心基部起源の期外収縮は、心尖部起

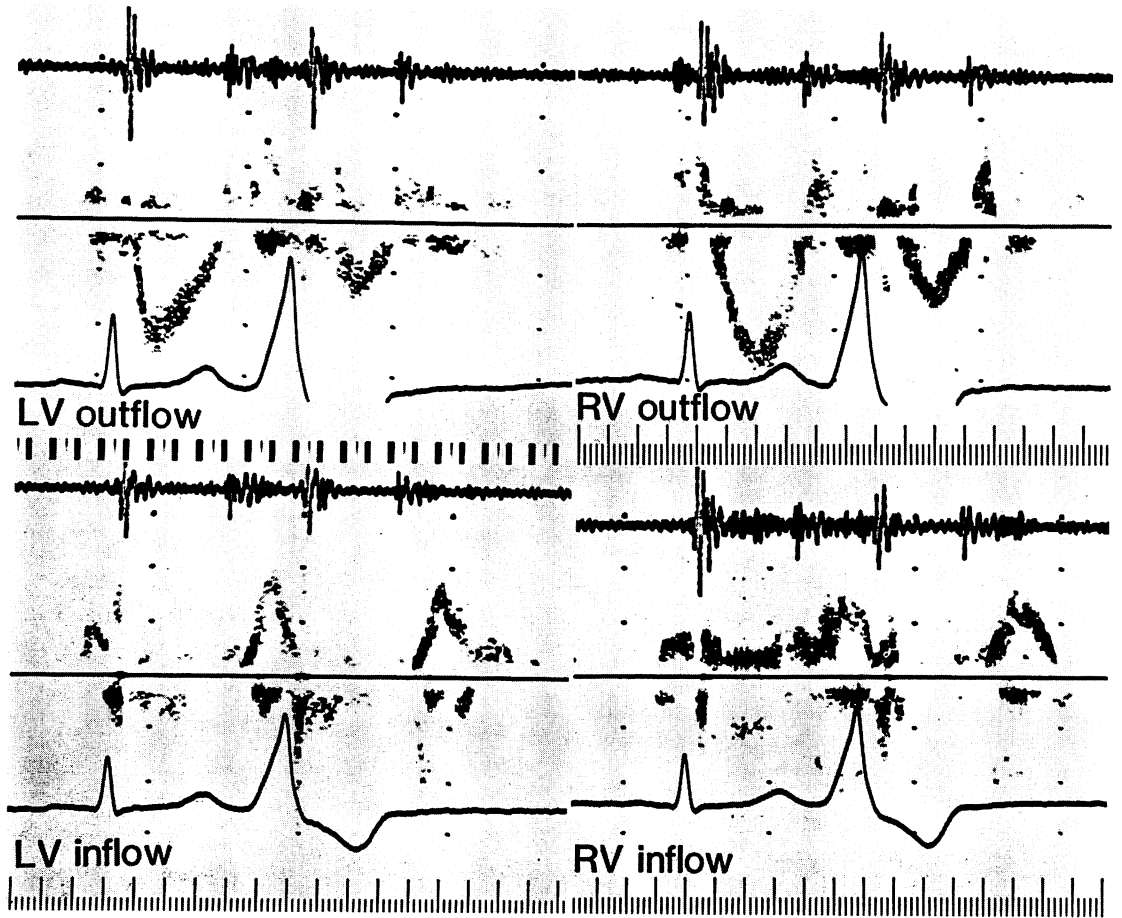


Fig. 7. Velocity patterns of blood flow at the LV outflow and inflow tracts (left panel), and at the RV outflow and inflow tracts (right panel) in a patient with VPCs of LV origin.

The ratio of the peak blood flow velocity of VPC to that of sinus beat at the LV outflow tract decreased as compared with that at the RV outflow tract.

源のそれに比べ、心行動態の悪化が著しいことが報告されている^{1,8)}。その理由として Wiggers⁸⁾は、興奮伝導異常は心室収縮の非協調性を来し、期外収縮の血行動態悪化の重要な因子となると報告している。Abildskov ら¹³⁾は、心室刺激時の心機能低下は、ouabain を用いて心室内に残存する正常伝導をブロックすると、さらに著明になると報告している。しかし、心室内興奮伝導様式の心行動態への影響については、まだ結論は得られていない。

我々の検討では、軸偏位のない左脚ブロック型期外収縮に比べ、右軸偏位を伴う左脚ブロック型期外収縮、および右脚ブロック型期外収縮において、先行一回流入量の減少に比べ、一回拍出量の減少が著しい傾向を認めた (Fig. 4)。このことから、期外収縮の心行動態の規定因子として、期外収縮開始時の左室拡張終期容積すなわち Frank-Starling の機序の他に、期外収縮の発生源による心室の収縮様式の異常も考えられた。先行一回流入量の減少に比べ一回拍出量の減少が特

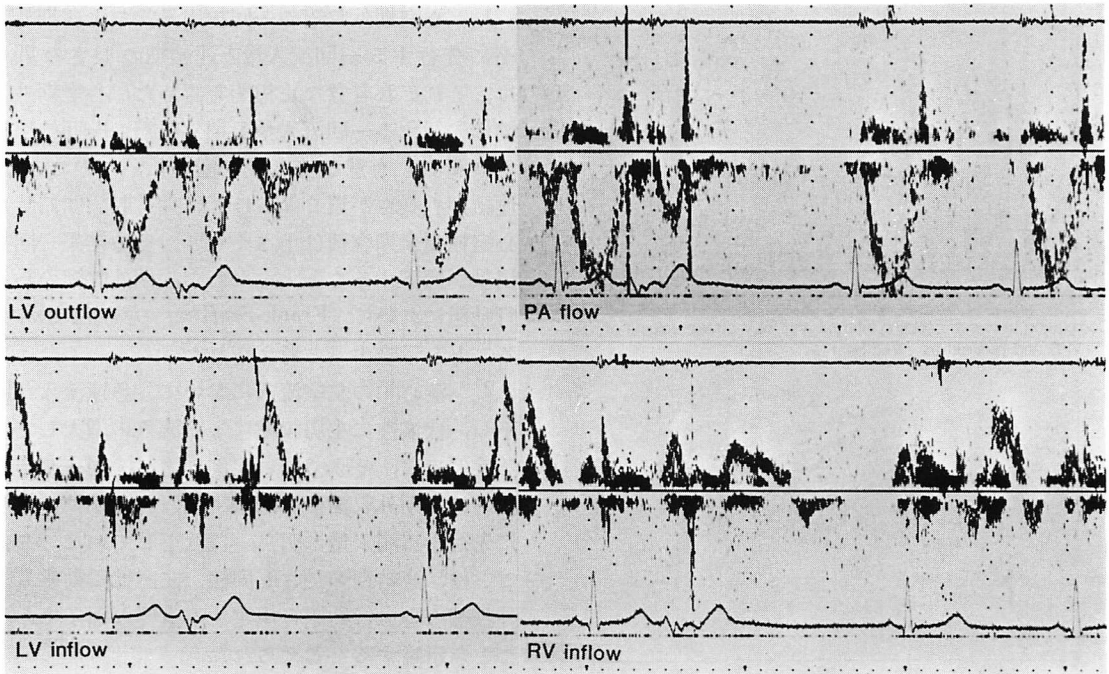


Fig. 8. Velocity patterns of blood flow at the LV outflow and inflow tracts (left panel), and at the main pulmonary artery and RV inflow tract (right panel) in a patient with VPCs of RV origin.

The ratio of the peak blood flow velocity of VPC to that of sinus beats at the main pulmonary artery decreased as compared with that at the LV outflow tract.

に著しかった1例は、右軸偏位を伴う左脚ブロック型期外収縮であり、この期外収縮は、心電図より心基部起源と考えられ¹⁵⁾、この点、加藤らの報告と一致した。しかし、左室起源と考えられる右脚ブロック型期外収縮でも、右室起源と考えられる左脚ブロック型期外収縮と同様、先行一回流入量と一回拍出量の関係を示す症例もあり (Fig. 4)、期外収縮の起源の心血行動態に及ぼす影響に関しては、さらに詳細な検討を要すると考えられた。Figs. 7, 8 に示したように、発生側心室は、対側心室に比べ、一回拍出量の減少が著しかった。この原因の一つとして、期外収縮発生側心室に比べ、対側心室は収縮が遅れるため、対側心室の充満時間の方が長く、より多くの流入量が得られることが考えられた。

心室期外収縮の心血行動態において、postex-

trasystolic potentiation の関与は重要と考えられる。期外収縮の早期性が強いほど、期外収縮後の洞心拍は収縮性増大を示すことが知られている^{4,7,15,16)}。本研究においても、心室期外収縮の連結期が短くなるほど、期外収縮直後の心拍の一回拍出量は増大する傾向が見られた (Fig. 9)。しかし、これは postextrasystolic potentiation そのものではなく、期外収縮後の左室拡張末期容積の増大による Frank-Starling の機序の関与も大きいと考えられた。この両者を区別して考察することは、本研究からは困難であると考えられた。

期外収縮による心血行動態の悪化が、期外収縮後の洞心拍における一回拍出量の増大により完全に代償されるとすると、期外収縮による一回拍出量と期外収縮後の洞心拍における一回拍出量の和は、洞心拍の2倍となるはずである。しかし、両

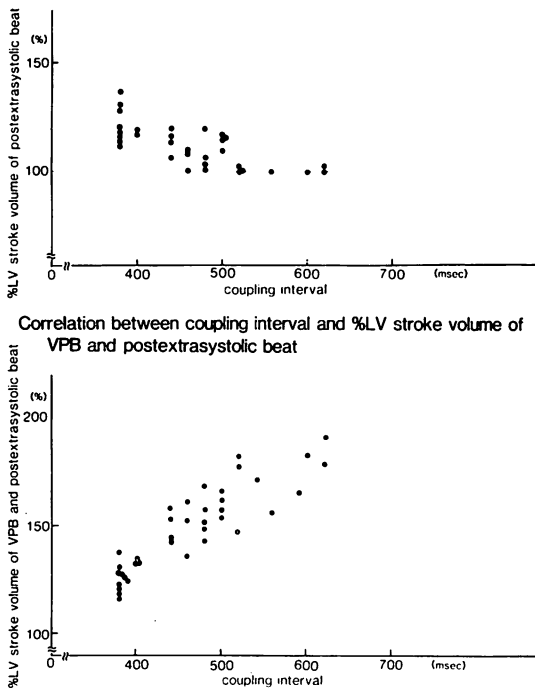


Fig. 9. Correlation between the coupling interval of VPCs and %LV stroke volume of postextrasystolic sinus beats (upper panel), and correlation between the coupling interval and the sum of %LV stroke volume of VPCs and postextrasystolic sinus beats (lower panel).

Percent LV stroke volume of postextrasystolic sinus beats increased as the coupling interval shortened. The sum of %LV stroke volume of VPCs and postextrasystolic sinus beats decreased as the coupling interval shortened.

者の和と連結期の長さの間には、正相関が認められ (Fig. 9), すなわち、期外収縮の連結期が短くなるほど、期外収縮直後の洞心拍における一回拍出量は増大するものの、全体としての心拍出量は低下すると考えられた。

要 約

超音波パルス・ドップラー法を用いて、心室期外収縮 23 例、および心室副収縮 2 例の左室流入および流出血流速波形を記録し、期外収縮の心行動態を検討した。

1. 心室期外収縮の一回拍出量、および期外収縮に先行する一回流入量と連結期の長さの間には、それぞれ有意な正相関を認めた。心室期外収縮に先行する一回流入量と期外収縮の一回拍出量との間にも有意な正相関を認めた。このことは、連結期の長さが短くなるほど、期外収縮開始時の心室拡張末期容積は小さくなり、その結果一回拍出量が低下すること、すなわち、期外収縮の心行動態において、Frank-Starling の機序が関与することを示唆すると考えられた。

2. 洞心拍の左室流入において、急速流入が低下し、代償性に左房収縮による流入の増大している症例では、そうでない症例に比べ、同一連結期における期外収縮の一回拍出量、および期外収縮に先行する流入量は明らかに低下していた。このことは、連結期の長さと同様、左室拡張動態も期外収縮の心行動態を規定する重要な因子であることを示唆すると考えられた。

3. 右軸偏位を伴う左脚ブロック型期外収縮および右脚ブロック型期外収縮は、軸偏位のない左脚ブロック型期外収縮に比べ、期外収縮の一回拍出量の低下が著しい傾向を認めた。このことは、心室期外収縮の起源の心行動態への関与を示唆すると考えられた。

4. 心室期外収縮の連結期が短くなる程、期外収縮直後の洞心拍における一回拍出量は増大する傾向を認めた。しかし、期外収縮の一回拍出量とその直後の洞心拍における一回拍出量の和は、連結期の長さと同様に正相関を示し、全体としての左心機能は、連結期が短くなる程低下すると考えられた。

以上のことから、心室期外収縮における心行動態の規定因子として、連結期の長さ、期外収縮の起源 および 左室拡張動態の関与が示唆された。また、本研究で用いた超音波パルス・ドップラー法は、心室期外収縮の心行動態を評価する上で、有用な検査法であると考えられた。

文 献

1) 加藤和三, 渡辺 熙, 新谷富士雄, 渡辺 坦: 不整脈の血行動態. 呼吸と循環 22: 307, 1974

- 2) Benchimol A, Desser KB: Clinical application of the Doppler ultrasonic flowmeter. *Am J Cardiol* **29**: 540-545, 1972
- 3) Benchimol A, Stegall HF, Maroko PR, Gartlan JL, Brenner L: Aortic flow velocity in man during cardiac arrhythmias measured with the Doppler catheter-flowmeter system. *Am Heart J* **78**: 649-659, 1969
- 4) Cohn K, Kryda W: The influence of ectopic beats and tachyarrhythmias on stroke volume and cardiac output. *J Electrocardiol* **14**: 207-218, 1981
- 5) Lewis JF, Kuo LC, Nelson JG, Limacher MC, Quinones MA: Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output: Clinical validation of two methods using the apical window. *Circulation* **70**: 425-431, 1984
- 6) Seed WA, Noble MIM, Walker JM, Miller GAH, Pidgeon J, Redwood D, Wanless R, Franz MR, Schoettler M, Schaefer J: Relationships between beat-to-beat interval and the strength of contraction in the healthy and diseased human heart. *Circulation* **70**: 799-805, 1984
- 7) Siebens AA, Hoffman BF, Granefield PF, Brooks CM: Regulation of contractile force during ventricular arrhythmias. *Am J Physiol* **197**: 971-977, 1959
- 8) Wiggers CJ: Dynamics of ventricular contraction under abnormal conditions. *Circulation* **5**: 321-348, 1952
- 9) 大木 崇, 浅井幹夫, 竹村晴光, 福田信夫, 坂井秀樹, 大島千寿子, 富永俊彦, 田岡雅世, 仁木敏晴, 森 博愛: 超音波パルス・ドプラー法による不整脈時の右室および左室流入血流パターン: とくに房室弁逆流の検出について. *J Cardiogr* **13**: 617-631, 1983
- 10) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Owa M, Nakasone I, Sakakibara H, Nimura Y: Augmentation of atrial contribution to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry. *Am J Cardiol* **53**: 586-589, 1984
- 11) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, Kent KM, Rosing DR, Lipson LC, Leon MB, Epstein SE: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 12) 松尾裕英, 北島 颯, 浅生雅人, 寺尾祐輔, 三嶋正芳, 千田彰一, 島津 敬, 田内 潤, 阿部 裕: 左室流入血流パターンからみた高血圧症, 肥大型心筋症, 心筋梗塞における左室拡張機能に関する研究. *J Cardiology* **10**: 697-708, 1980
- 13) Abildskov JA, Eich RH, Harumi K, Smulyan H: Observations on the relation between ventricular activation sequence and the hemodynamic state. *Circ Res* **17**: 236-247, 1975
- 14) 林 博史, 石川富久, 高見和秀, 上松治儀, 小島春紀, 矢部誠太郎, 大杉茂樹, 宮地恭一, 外畑 巖: 基礎心疾患を伴わない心室性期外収縮の体表面電位図による発生源の推定. *日内誌* **73**: 83-92, 1984
- 15) Hoffman BF, Bindler E, Suckling EE: Postextrasystolic potentiation of contraction in cardiac muscle. *Am J Physiol* **185**: 92-102, 1956
- 16) Koch-Wester J: Potentiation of myocardial contractility by continual premature extraactivation. *Circ Res* **18**: 330-343, 1966