

パルス・ドップラー法による
左室流入血流速度波形規定因
子の検討：左室造影法によ
る左室容積変化規定因子と
の関連から

Determinants of mitral
inflow velocity profiles
in relation to left
ventricular volume
change: Evaluations
by pulsed Doppler
echocardiography and
left ventriculography

大手 信之
橋本 猛
成田ひとみ
高瀬 理恵
中野 佐上
藤浪 隆夫

Nobuyuki OHTÉ
Takeshi HASHIMOTO
Hitomi NARITA
Rie TAKASE
Sagami NAKANO
Takao FUJINAMI

Summary

We evaluated relationships between pulsed Doppler echocardiographic (PDE) parameters of flow velocity profiles across the mitral orifice and left ventriculographic (LVG) parameters of left ventricular volume changes. Subjects consisted of 19 patients with coronary artery disease and 12 patients with chest pain syndrome. Peak flow velocities at the rapid filling (E) and atrial contraction (A) were measured by PDE. Time constant of left ventricular relaxation (T), left ventricular minimum pressure (LVPmin), LV end-diastolic pressure (LVEDP) and pulmonary capillary wedge V wave pressure (PCW-V) were measured during cardiac catheterization. From the analysis of LVG, the rapid filling fraction (RFF), and the atrial filling fraction (AFF) were obtained. The left ventricular chamber stiffness (K) was identified by the analysis of the pressure-volume relationship of the left ventricle. We investigated the relationship between A/E and AFF/RFF by univariate linear regression analysis. We then performed stepwise multivariate linear regression analysis to predict E, A, A/E, RFF, AFF and AFF/RFF by the variables of left ventricular filling, i.e., T, LVPmin, LVEDP, PCW-V, K, heart rate (at the examination of PDE or LVG), mean arterial blood pressure (at PDE or LVG) and age. The A/E correlated significantly with AFF/RFF ($r=0.50$, $p<0.01$). The results of the multivariate linear regression analyses were as follows:

名古屋市立大学医学部 第三内科
名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄1 (〒467)

The Third Department of Internal Medicine, Na-
goya City University Medical School, Kawasumi 1,
Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya 467

Received for publication June 8, 1990; accepted October 31, 1990 (Ref. No. 37-26)

E	R ² ; T 13%, PCW-V 12%	R=0.50
A	R ² ; age 21%	R=0.46
A/E	R ² ; age 14%, PCW-V 7%, T 10%	R=0.56
RFF	R ² ; heart rate 19%, T 12%, K 11%	R=0.65
AFF	R ² ; T 15%, heart rate 12%, K 15%	R=0.61
AFF/RFF	R ² ; heart rate 16%, T 14%, K 14%	R=0.66

(R²: % explained variance, R: correlation coefficient)

The correlation of A/E and AFF/RFF were explained by some variables, except the variable T. The results of uni- and multivariate linear regression analyses showed that factors affecting the flow velocity profile across the mitral orifice did not account for the left ventricular volume changes. We also observed that, even in subjects with coronary heart disease, aging is a main factor that influences peak flow velocity at atrial contraction (A).

Key words

Flow velocity waveform change	Mitral orifice	Doppler echocardiography	Left ventricular volume
	Left ventricular relaxation		

はじめに

ドップラー法で左室流入血流を捉え、その速度波形を分析することにより、左室拡張障害の有無を評価する試みが行なわれているが¹⁻⁵⁾、ドップラー法で捉えた左室流入血流速度波形がどのような因子により規定されているかは、いまだ明瞭とは言い難い。我々はパルス・ドップラー法で捉えた左室流入血流速度波形に関するパラメーターと、左室造影法により求めた左室容積変化に関するパラメーターの関連性、およびそれぞれのパラメーターの規定因子について比較検討した。

対 象

対象は胸痛の精査目的で心臓カテーテル検査を施行した連続 36 例のうち、僧帽弁、大動脈弁に異常のある例、左冠動脈回旋枝に狭窄のある例を除いた 31 例である。その内訳は狭心症 6 例、陳旧性心筋梗塞 13 例(心室瘤を有する症例はない)、冠動脈に 50% 以上の狭窄および左室造影上壁運動異常を認めない、いわゆる胸痛症候群 12 例で、年齢は 26 歳から 67 歳、平均 54 歳である。

方 法

ドップラー法による検査：東芝製心断層ドップ

ラー装置 SSH-65A を用い、患者を安静軽度左側臥位として、2.5 MHz プローベを左室心尖部に置き、断層像ガイド下に僧帽弁輪部において左室流入血流をパルス・ドップラー法で捉え、ラインスキャンレコーダーに紙送り速度 100 mm/sec で記録した。それより急速流入期最大血流速度 E、心房収縮期最大血流速度 A を計測し、A/E を計算した (Fig. 1)。なお、超音波入射方向と血流方向のなす角度 θ を計測し、ドップラー法によって得た血流速度を $\cos \theta$ で除し、E および A として用いた。

心臓カテーテル検査：初めに、Cournand 8 F カテーテル、Statham 23ID 圧トランスデューサーを用いて右心系圧測定を行ない、次にミラー製カテ先圧マノメーター (SPC-474A) を用い、大動脈圧および左室圧の測定を行なった。圧ゼロレベルは中腋窩線で校正し、記録はサーマルレコーダーに紙送り速度 100 mm/sec で行なった。続いて同カテーテルを用い、50 frames/sec で左室造影を施行した。得られたデータより肺動脈楔入 V 波圧 (PCW-V)、左室拡張期最低圧 (LVPmin)、左室拡張末期圧 (LVEDP) を測定、コントロール製心機能画像解析装置 CARDIO-200 を用い、等容拡張期左室圧弛緩時定数 T を Weiss ら⁶⁾の方法に準じて求めた。また同装置により右前 30 度

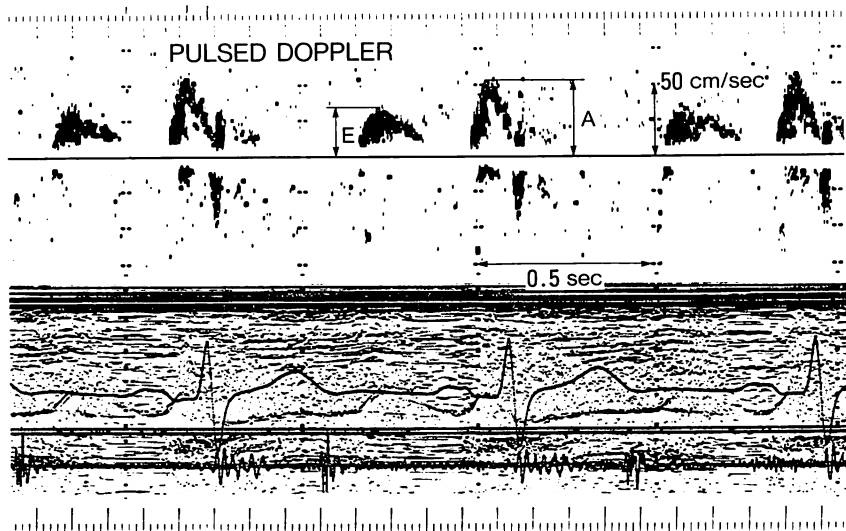


Fig. 1. Flow velocity profile across the mitral orifice obtained by pulsed Doppler echocardiography.

Peak flow velocity at the rapid filling (E) and peak flow velocity at the atrial contraction (A) were measured.

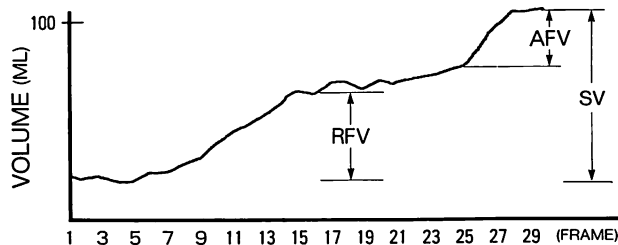


Fig. 2. Left ventricular filling curve obtained by frame by frame volume analysis of left ventriculography.

Blood volumes at the rapid filling (RFV) and atrial filling (AFV), and stroke volume (SV) were measured. From these volumes, atrial filling fraction (AFF) and rapid filling fraction (RFF) were calculated. $AFF = AFV/SV$; $RFF = RFV/SV$.

左室造影拡張期を frame 毎に area-length 法で解析して filling curve を描き, rapid filling volume, atrial filling volume, stroke volume を計測し, atrial filling fraction (AFF), rapid filling fraction (RFF), AFF/RFF を計算した (Fig. 2). さらに, 拡張期圧容積関係から, Gaasch ら⁷⁾の方法で左室の chamber stiffness (K) を求めた.

また, ドップラー検査時の心拍数と上腕動脈平

均血圧 (左上腕でマンシエト法で最大, 最小血圧を測定し, 最小血圧に脈圧の 1/3 を加えた) と, カテーテル検査時の心拍数と平均大動脈圧をそれぞれに求めた.

ドップラー法による左室流入血流速度波形より得たパラメーター, および左室造影の解析から得た拡張期左室容積変化に関するパラメーターが, 観血的に求めた圧データや左室拡張性指標, 心拍

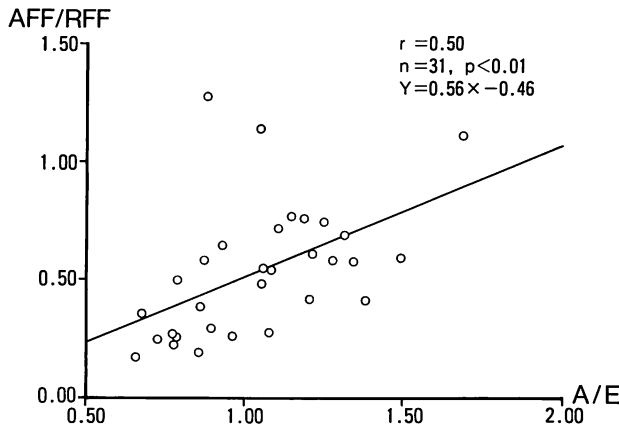


Fig. 3. Result of univariate linear regression analysis between A/E and AFF/RFF.
The A/E correlated significantly with the AFF/RFF.

数, 平均血圧, 年齢とどのような関係があるかを解明するため, 次のような統計学的検討を行なった.

1. A/E と AFF/RFF の単相関係の検討
2. E, A, A/E を基準変数; PCW-V, T, LVPmin, LVEDP, K, 心拍数(ドップラー検査時), 平均上腕動脈血圧, 年齢を説明変数とする変数増減法を用いた重回帰分析
3. RFF, AFF, AFF/RFF を基準変数; PCW-V, T, LVPmin, LVEDP, K, 心拍数(心カテ検査時), 平均大動脈圧, 年齢を説明変数とする変数増減法を用いた重回帰分析(なお F 値 2 をもって重回帰モデルへの採択削除の基準とした).

結 果

1. A/E と AFF/RFF の関係
A/E と AFF/RFF には相関係数 $r=0.50$, $p<0.01$ の有意な正相関が認められ, 回帰式 $Y=0.56X-0.46$ ($X: A/E, Y: AFF/RFF$) が得られた. しかし, 回帰直線から大きく上方へずれる症例が 2 例あり, これらはいずれも広範前壁梗塞例であった (Fig. 3).
2. E, A, A/E の規定因子の解析結果
Table 1 は急速流入期最大血流速度 E が T と

Table 1. Regression analysis of E

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
T	0.13	0.13	-0.47	4.46*
PCW-V	0.25	0.12	0.36	4.32*

Multiple R=0.50; overall F=4.64 (2, 28)*.

* $p<0.05$.

R=regression coefficient; SRC=standardized regression coefficient; T=left ventricular relaxation time constant; PCW-V=pulmonary capillary wedge V wave pressure.

PCW-V で重回帰されたことを示す. 重相関係数は $R=0.50$ であり, E の分散の 13% が T で説明され, 12% が PCW-V で説明された. また, 標準偏回帰係数 SRC の符号より T が増加すると E が遅くなり, PCW-V が増加すると E が速くなることが分かる.

Table 2 は心房収縮期最大血流速度 A が年齢のみで回帰されたことを示す. 年齢の寄与率は 21% であった. A/E は年齢, PCW-V, T により $R=0.56$ で重回帰され, それぞれの説明変数の寄与率が 14%, 7%, 10% であった (Table 3).

Table 2. Regression analysis of A

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
Age	0.21	0.21	0.46	7.89**
Multiple R=0.46; overall F=7.89 (1, 29).** ** p<0.01.				
Abbreviations: see Table 1.				

Table 3. Regression analysis of A/E

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
Age	0.14	0.14	0.28	4.77*
PCW-V	0.21	0.07	-0.37	2.59
T	0.31	0.10	0.35	3.91
Multiple R=0.56; overall F=4.11 (3, 27)* * p<0.05.				
Abbreviations: see Table 1.				

Table 4. Regression analysis of RFF

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
HR	0.19	0.19	-0.46	6.81*
T	0.31	0.12	-0.53	4.66*
K	0.42	0.11	-0.39	5.52*
Multiple R=0.65; overall F=6.61 (3, 27).** * p<0.05, ** p<0.01.				
HR=heart rate; K=left ventricular chamber stiffness.				
Other abbreviations: see Table 1.				

3. RFF, AFF, AFF/RFF の規定因子の解析結果

Table 4 は左室造影から求めた RFF が心拍数, T, K によって R=0.65 で重回帰され, それぞれの寄与率が 19%, 12%, 11% であったことを示す. SRC の符号はいずれも負であり, こ

Table 5. Regression analysis of AFF

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
T	0.15	0.15	0.55	5.15*
HR	0.27	0.12	0.37	4.41*
K	0.37	0.15	0.37	4.51*
Multiple R=0.61; overall F=5.32 (3, 27)** * p<0.05; ** p<0.01.				
Abbreviations: see Tables 1 & 4.				

Table 6. Regression analysis of AFF/RFF

	Regression value			
	Cumulative multiple R ²	Increase in R ²	SRC	F
HR	0.16	0.16	0.43	5.46*
T	0.30	0.14	0.58	5.88*
K	0.44	0.14	0.42	6.36*
Multiple R=0.66; overall F=6.99 (3, 27)** * p<0.05; ** p<0.01.				
Abbreviations: see Tables 1 & 4.				

れらの説明変数のいずれの値が増加しても RFF は減少することが分かる.

Table 5 は AFF が T, 心拍数, K によって R=0.61 で重回帰され, それぞれの寄与率が 15%, 12%, 15% であったことを示す. SRC の符号はいずれも正であり, これらの説明変数のいずれの値が増加しても AFF は増加することが分かる.

AFF/RFF は心拍数, T, K によって R=0.66 で重回帰された. それぞれの説明変数の寄与率は 16%, 14%, 14% であり, SRC の符号はいずれも正であった (**Table 6**).

Fig. 4 は E, A, A/E に対する説明変数の寄与率をグラフ化したものであり, **Fig. 5** は RFF, AFF, AFF/RFF に対する説明変数の寄与率をグラフ化したものである.

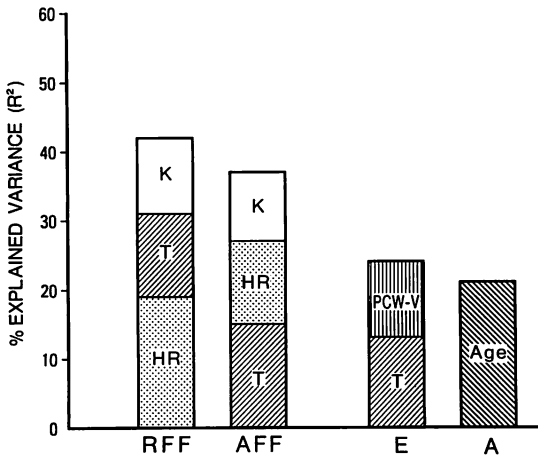


Fig. 4. Results of multivariate linear regression analyses predicting RFF, AFF, E and A using multiple hemodynamic factors and age.

Variables selected were different between RFF and E except for variable T, and those were quite different between AFF and A.

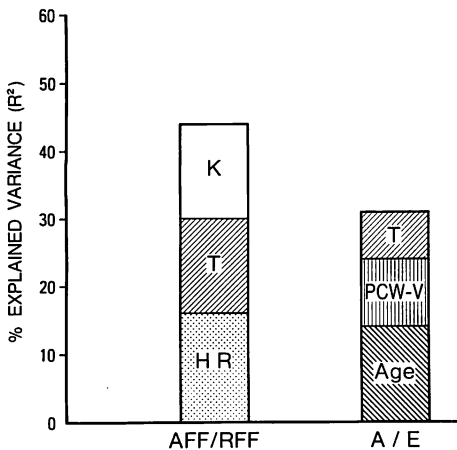


Fig. 5. Results of multivariate linear regression analyses predicting AFF/RFF and A/E using multiple hemodynamic factors and age.

Variables selected were different between AFF/RFF and A/E except for variable T.

表の見方: 標題に示す基準変数が, 表内最左側の説明変数群で重回帰されたことを表わす. R^2 (寄与率)は, 他の説明変数の影響を除外 (adjust) した時に, 個々の

説明変数が説明できる重回帰モデルの分散の割合を示す. Cumulative R^2 は累積寄与率を表わし, increase in R^2 はそれぞれの説明変数の寄与率を表わす. SRC は標準偏回帰係数を示し, その符号は説明変数が変化した時に基準変数の変化する方向を表わす. Multiple R は重回帰係数である. 括弧内は自由度を示す.

考 按

パルス・ドップラー法で左室流入血流を捉え, 血流速度波形から左室拡張性を評価したり¹⁻⁵⁾, 左室拡張末期圧の予測を試みる報告や^{8,9)}, 血流速度波形の規定因子を検討した報告は数多い¹⁰⁻¹⁴⁾. しかし, 本研究のごとく, パルス・ドップラー法による左室流入血流速度波形の規定因子と左室造影法による左室拡張期容積変化の規定因子に関し, 重回帰分析法を用いて比較検討した報告は見当たらない. また本研究は, パルス・ドップラー法による心房収縮期最大血流速度 A の規定因子として年齢が重要であることを明らかにした.

我々は疾患の違いによる影響を除外するため, 虚血性心疾患および胸痛症候群を対象を限定して本研究を行なった. パルス・ドップラー法による左室流入血流速度波形から得られたパラメーター A/E と, 左室造影法による左室拡張期容積変化に関するパラメーター AFF/RFF は, $r=0.50$ の有意な正相関を示したが, その相関係数は高くはなかった. これは, Fig. 3 で明らかのように, 回帰直線から著しく離れた2症例があり, これらは広範前壁梗塞であったが, このような症例においては, A/E と AFF/RFF の関連は低いものと思われた. この結果より, 左室流入血流速度波形のパラメーターの規定因子と, 左室拡張期容積変化に関するパラメーターの規定因子に相違があるのではないかと考え, それぞれのパラメーターの規定因子について重回帰分析による研究を行なった.

パルス・ドップラー法により捉えた血流速度波形から, 最も簡単に計測できるパラメーター E, A, A/E が, 年齢を含むどのような因子の影響で

規定されているか、さらに、それら規定因子の関与の割合について検討した。また、左室造影法による左室拡張期容積変化のパラメーター RFF, AFF, AFF/RFF についても、その規定因子について同様の分析を行ない、E, A, A/E の規定因子と比較した。

重回帰分析の結果では、急速流入期最大血流速度 E は、T および PCW-V で重回帰された。田内ら²⁾は各種心疾患患者において、E が左室等容拡張期弛緩時定数 T と良い逆相関関係にあることを報告し、E の規定因子として左室弛緩特性が重要であるとしている。一方、E の規定因子として、左室弛緩特性のみならず、左室流入圧が重要であるとする報告も数多く見られる¹⁰⁻¹⁴⁾。E が T および PCW-V で重回帰されたことは、これらの報告を裏づける結果と考える。心房収縮期最大血流速度 A は年齢のみによって回帰され、A は主として年齢が規定因子であると考えられた。Spirito ら¹⁵⁾は健常者を対象とした研究において、A の規定因子として加齢の重要性を述べている。また、Yellin ら¹⁶⁾は、心房収縮期最大血流速度 A は、種々の心疾患による影響を受け難いパラメーターであるとしている。我々は、虚血心を含む対象においても、A の規定因子として加齢が重要であることを示した。

A/E は年齢、PCW-V, T により $R=0.56$ で重回帰され、これらの変数で A/E の分散の 31% が説明された。健常心において A/E が、加齢とともにその値が増加することは良く知られている^{15,17,18)}。本研究の対象とする虚血性心疾患のうち、特に心筋梗塞例において A/E が健常者より高値をとることが報告されている⁹⁾。今回の検討では、A/E の説明変数として、健常心だけでなく、虚血心を含む対象においても年齢が採択された。これは、A を介するものであると考えられた。さらに A/E の規定因子として T および PCW-V も採択されたが、それは E を介するものであると思われた。また、本研究では LVEDP, 平均血圧は A/E の規定因子として採択されな

ったが、A/E が LVEDP, 収縮期血圧の影響を有意に受けるとする報告も見られる^{12,14)}。しかし、いずれも急性に血行動態を変化させて、A/E の変化を見た研究であり、本研究のごとく、慢性の対象を扱っていない。岡本ら¹⁹⁾は、各種慢性心疾患を対象に A/E と LVEDP の関係を検討しているが、有意な相関はなかったとしている。Ettles ら²⁰⁾は虚血性心疾患を対象にした検討で、A/E と LVEDP には関係がないと報告している。心拍数が A/E に与える影響であるが、健常心では心拍数が増加すると A/E も増加するとの報告があり、特に徐脈の若年者で、その影響が強いとしている¹⁸⁾。本研究は、比較的高齢者を対象としたため、心拍数が A/E に影響を与えなかったものと考えた。

左室造影法による左室拡張期容積変化の解析から得られたパラメーターに関する重回帰分析では、RFF は心拍数、T, K で重回帰され、AFF も同様の説明変数で重回帰された。AFF/RFF も同一の3個の変数で重回帰され、重相関係数は $R=0.66$ と良好な値を示し、これらの説明変数で AFF/RFF の分散の 44% が説明された。これより、左室造影の解析によって得られるパラメーター RFF, AFF, AFF/RFF は主として心拍数、T, K で規定されると考えられた。

ドップラー法による左室流入血流速度波形に関するパラメーターと、左室造影による左室拡張期容積変化に関するパラメーターの規定因子は、大きく異なっている。例えば、A/E と AFF/RFF は共通の規定因子として左室弛緩特性の指標 T を持つが、他の因子は異なっており、必ずしも同じ特性を見ているのではないと思われる。この理由については、次のように考察される。

1. ドップラー法による左室流入血流速度波形と、左室造影より求めた左室の filling curve の時間微分波形が、必ずしも似ていない可能性がある。僧帽弁輪部の断面積が拡張期を通じて変化すること²¹⁾、心臓全体の動きのため、ドップラー sample volume が拡張期を通じて左房内の一定

の位置にないことや、それによる超音波ビーム入射角度の変化などのため、ドップラー法による左室流入血流速度波形と左室造影より求めた左室の filling curve の時間微分波形の間に相違が存在すると思われる。Rokey ら²²⁾は、我々と同様の検討で、形態的(視覚的)に上記両波形の相似性を述べ、ドップラー法による急速流入期最大血流速度と断層心エコー図法による僧帽弁輪断面積から計算した急速流入期 peak filling rate と、左室造影法から求めた急速流入期 peak filling rate が極めて良く相関する($r=0.87$)と述べているが、急速流入期最大血流速度と左室造影法から求めた急速流入期 peak filling rate との相関係数は $r=0.64$ で、あまり良好でない。

2. 左室造影においては、50 frames/sec の比較的遅い速度で撮影された情報を解析するため、心拍数がドップラー法によるパラメーターに対してよりも、左室造影による左室容積変化のパラメーターに対してより強い影響を与えた可能性がある²³⁾。

3. AFF, RFF, AFF/RFF 規定因子として、左室の chamber stiffness (K) の関与が示唆されたが、本指標は左室拡張期圧容積関係から求められる。健常者では左室急速流入期 peak filling rate が左室腔の大きさの影響を受けるのに対し、左室急速流入期最大血流速度はその影響を受けないと報告されている²⁴⁾。したがって左室容積変化の指標が左室の大きさの影響を受けやすいと推察され、その規定因子に K が採択された可能性があるのに対し、ドップラー指標は左室の大きさとの関係に乏しいため、それに関連する指標が採択されなかったのかもしれない。以上が規定因子相違の理由の一部と考えられる。

本研究の限界には次のごときものが考えられる。

1. 左室壁運動異常の存在下に、心筋梗塞例において左室容積を area-length 法で解析することは、その精度に問題があると考えられる。しかし、臨床上心筋梗塞例においても本法は広く用いら

れており、簡便さの面からもこの方法を用いた。なお、今回、右前方向左室造影像のみの解析を行なって左室容積変化を評価したため、左冠動脈回旋枝領域に狭窄のある症例は除外した。また、今回の対象には、area-length 法による左室容積の解析では不正確と思われる心室瘤例は含まれていない。

2. 重回帰分析を行なう際、説明変数の一つとして観血的に得た諸指標以外に年齢を投入し、結果に大きい影響が見られた。加齢は様々な変化を生体に及ぼすと思われ、他の説明変数(今回の検討で投入した説明変数以外)に置き換えられる可能性がある。この点については今後さらに検討を要する。

結 語

パルス・ドップラー法による左室流入血流速度波形から得られるパラメーターと、左室造影法による拡張期左室容量変化のパラメーターは、一部共通の規定因子をもつが、他の因子は異なっており、それぞれ違う特性を観察している可能性が考えられた。また、パルス・ドップラー法による心房収縮期最大血流速度 A の規定因子として、虚血心を含む対象においても、加齢の影響が重要であることが示唆された。

要 約

ドップラー法による左室流入血流速度波形に関するパラメーターと、左室造影法による拡張期左室容積変化に関するパラメーターの関連性、およびそれぞれ規定因子について比較検討した。虚血性心疾患 19 例、胸痛症候群 12 例の合計 31 例を対象に、パルス・ドップラー法により僧帽弁輪部で捉えた左室流入血流速度波形から、左室急速流入期最大血流速度 E、心房収縮期最大血流速度 A を計測し、A/E を計算した。また、心臓カテーテル検査において、肺動脈楔入 V 波圧(PCW-V)、左室最低圧(LVPmin)、左室拡張末期圧(LVEDP)、左室等容拡張期弛緩時定数 T を

求め、左室造影拡張期を frame 毎に area-length 法で解析することにより filling curve を描き、rapid filling fraction (RFF), atrial filling fraction (AFF), AFF/RFF を求めた。さらに左室拡張期圧容積関係から chamber stiffness (K) を得た。ドップラー検査時の心拍数 (D), 平均血圧 (D), 心カテ時の心拍数 (C), 平均血圧 (C) を測定した。

A/E と AFF/RFF の単相関係の検討:

E, A, A/E を基準変数, PCW-V, T, LVPmin, LVEDP, K, 心拍数 (D), 平均血圧 (D), 年齢を説明変数とする重回帰分析, および RFF, AFF, AFF/RFF を基準変数, PCW-V, T, LVPmin, LVEDP, K, 心拍数 (C), 平均血圧 (C), 年齢を説明変数とする重回帰分析を行なった。

A/E と AFF/RFF には相関係数 $r=0.50$ ($p<0.01$) の有意な正相関が認められた。

重回帰分析の結果は次のごとくであった。

E R^2 : PCW-V (12%), T (13%)

$R=0.50$

A R^2 : 年齢 (21%)

$R=0.46$

A/E R^2 : 年齢 (14%), PCW-V (7%), T (10%) $R=0.56$

RFF R^2 : 心拍数 (19%), T (12%), K (11%) $R=0.65$

AFF R^2 : T (15%), 心拍数 (12%), K (15%) $R=0.61$

AFF/RFF R^2 : 心拍数 (16%), T (14%), K (14%) $R=0.66$

R: 重相関係数, R^2 : 説明変数の寄与率

ドップラー法によるパラメーター A/E と左室造影法による左室容積変化のパラメーター AFF/RFF は有意な正相関を示したが、相関係数は高くはなかった。重回帰分析の結果において、A/E および AFF/RFF の規定因子に着目すると、左室弛緩特性の指標 T を共通とするが、他の因子は異なっており、パルス・ドップラー法によるパラメーターと左室造影法によるパラメーターは、それぞれ違う特性を観察している可能性が考えら

れた。さらに、パルス・ドップラー法による心房収縮期最大血流速度の規定因子として、虚血心を含む対象においても加齢の影響の重要性が示唆された。

文 献

- 1) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, Tanouchi J, Masuyama T, Abe H, Morita H, Senda S, Matsuo H: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease: A study by pulsed Doppler technique. *Jpn Circ J* 46: 92-102, 1982
- 2) Tanouchi J, Kitabatake A, Asao M, Masuyama T, Hori M, Inoue M, Abe H: Role of left ventricular relaxation on transmitral flow dynamics during early diastole: A study with pulsed Doppler flowmetry. *J Cardiogr* 13: 301-307, 1983 (in Japanese)
- 3) Fujii J, Yazaki Y, Sawada H, Aizawa T, Watanabe H, Kato K: Noninvasive assessment of left and right ventricular filling in myocardial infarction with a two-dimensional Doppler echocardiographic method. *J Am Coll Cardiol* 5: 1155-1160, 1985
- 4) Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russell D, Clark S, Allie A, Henry WL: Pulsed Doppler echocardiographic study of left ventricular filling in dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 58: 143-147, 1986
- 5) Maron BJ, Spirito P, Green KJ, Wesley YE, Bonow RO, Arce J: Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function by pulsed Doppler echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 10: 733-742, 1987
- 6) Weiss JL, Frederiksen JW, Weisfeldt ML: Hemodynamic determination of the time-course of fall in canine left ventricular pressure. *J Clin Invest* 58: 751-760, 1976
- 7) Gaasch WH, Cole JS, Quinones MA, Alexander JK: Dynamic determinants of left ventricular diastolic pressure-volume relations in man. *Circulation* 51: 317-323, 1975
- 8) Channer KS, Culling W, Wilde P, Jones JV: Estimation of left ventricular end-diastolic pressure by pulsed Doppler ultrasound. *Lancet* i: 1005-1007, 1986
- 9) Kuecherer H, Ruffmann K, Kuebler W: Determination of left ventricular filling parameters by pulsed Doppler echocardiography: A noninvasive

- method to predict high filling pressures in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* **116**: 1017-1021, 1988
- 10) Ishida Y, Meisner JS, Tsujioka K, Gallo JI, Yoran C, Frater RWM, Yellin EL: Left ventricular filling dynamics: Influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure. *Circulation* **74**: 187-196, 1986
 - 11) Choong CY, Herrmann HC, Weyman AE, Fifer MA: Preload dependence of Doppler-derived indexes of left ventricular diastolic function in humans. *J Am Coll Cardiol* **10**: 800-808, 1987
 - 12) Choong CY, Abascal VM, Thomas JD, Guerrero JL, McGlew S, Weyman AE: Combined influence of ventricular loading and relaxation on the transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography. *Circulation* **78**: 672-683, 1988
 - 13) Takahashi T, Iizuka M, Sato H, Serizawa T, Momomura S, Mochizuki T, Kohmoto O, Aoyagi T, Matsui H, Ikenouchi H, Sakamoto T, Sugimoto T: Doppler echocardiographic-determined changes in left ventricular diastolic filling flow velocity during the lower body positive and negative pressure method. *Am J Cardiol* **65**: 237-241, 1990
 - 14) Miyaguchi K, Ogawa S, Yokota M, Hayashi H: Study to clarify the factors determining left ventricular inflow velocity profiles. *J Cardiol* **19** (Suppl XX): 186, 1989 (in Japanese)
 - 15) Spirito P, Maron BJ: Influence of aging on Doppler echocardiographic indices of left ventricular diastolic function. *Br Heart J* **59**: 672-679, 1988
 - 16) Yellin EL, Nikolic S, Frater RWM: Left ventricular filling dynamics and diastolic function. *Prog Cardiovasc Dis* **32**: 247-271, 1990
 - 17) 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
 - 18) Dam IV, Fast J, Boo TD, Hopman J, Oort AV, Heringa A, Alsters J, Werf TVD, Daniels O: Normal diastolic filling patterns of the left ventricle. *Eur Heart J* **9**: 165-171, 1988
 - 19) Okamoto M, Sakura E, Shimamoto H, Yokote Y, Hashimoto M, Fujii H, Ohshima T, Tsuchioka Y, Matsuura H, Kajiyama G: Analysis of mitral inflow velocity pattern in relation to left ventricular end-diastolic pressure. *J Cardiogr* **16**: 941-948, 1986 (in Japanese)
 - 20) Ettles DF, Davies J, Williams GJ: Can left ventricular end-diastolic pressure be estimated non-invasively? *Int J Cardiol* **20**: 239-245, 1988
 - 21) Ormiston JA, Shah PM, Tei C, Wong M: Size and motion of the mitral valve annulus in man: I. A two-dimensional echocardiographic method and findings in normal subjects. *Circulation* **64**: 113-120, 1981
 - 22) Rokey R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quinones MA: Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography: Comparison with cineangiography. *Circulation* **71**: 543-550, 1985
 - 23) Ishida Y, Tani A, Matsubara N, Morozumi T, Hori M, Kitabatake A, Kimura K, Kamada T: Assessment of left ventricular filling patterns in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *in Cardiac Mechanics and Function in the Normal and Diseased Heart* (ed by Hori M, Suga H, Baan J, Yellin EL). Springer, Tokyo, 1989, p 226
 - 24) Takenaka K, Dabestani A, Waffarn F, Gardin JM, Henry WL: Effect of left ventricular size on early diastolic left ventricular filling in neonates and in adults. *Am J Cardiol* **59**: 138-141, 1987