

本態性高血圧症における安静時および前負荷・後負荷急性変動時の心機能：パルス・ドプラー法による評価

Evaluation of cardiac function at rest and under acute loading in patients with essential hypertension using pulsed Doppler echocardiography

清水 完悦  
倉持 公博  
北角 博道  
川口 竹男  
新妻 一夫  
河野 道世  
尾形 長尾  
川野 龍彦  
布川慎一郎  
野呂 忠慈  
露崎 輝夫  
木川田隆一

Masayoshi SHIMIZU  
Kimihiro KURAMOCHI  
Hiromichi KITAZUMI  
Takeo KAWAGUCHI  
Kazuo NIIZUMA  
Michiyo KAWANO  
Nagao OGATA  
Tatsuhiko KAWANO  
Shin-ichiro FUKAWA  
Chuji NORO  
Teruo TSUYUSAKI  
Ryuichi KIKAWADA

**Summary**

We studied 45 untreated patients with mild to moderate essential hypertension (EH) and 27 normotensive controls to assess the relationship between pulsed Doppler echocardiographic parameters and cardiac function, and the effects of acute changes in preload or afterload on these parameters. The following pulsed Doppler parameters were measured: as left ventricular (LV) inflow parameters, rapid filling peak velocity (R), presystolic peak velocity (A), and A/R; as LV outflow parameters, preejection period (PEP), ejection period (ET), ET/PEP, and peak velocity (PV). These parameters were compared with those relating to cardiac function, such as age, interventricular septal thickness (IVST), LV mass index (LVMI), % fractional shortening (%FS), LV end-systolic wall stress (WS), blood pressure, and heart rate. The changes in preload and afterload were induced by sodium nitroprusside (SNP) or phenylephrine infusion, which caused decreases or increases in the mean blood pressure by ap-

北里大学医学部 内科  
相模原市北里 1-15-1 (〒228)

Department of Internal Medicine, Kitasato University School of Medicine, Kitasato 1-15-1, Sagami-hara 228

Received for publication February 16, 1989; accepted May 23, 1989 (Ref. No. 36-K29)

proximately 15%.

1. LV inflow parameters: Compared to normals, A and the A/R were higher in the group EH ( $p < 0.01$ ). IVST in the group EH correlated with R and the A/R, but LVMI did not correlate with these parameters. In normals, A correlated with %FS and WS, but did not in the group EH. R and the A/R correlated with age in normals, but not in the group EH.

2. LV outflow parameters: There were no significant differences between the two groups. PV in the group EH correlated positively with %FS, and negatively with WS. The ET/PEP in normals correlated with %FS and WS, but not in the group EH.

3. Effects of SNP: Reduction in preload caused a decrease in R and an increase in the A/R in both the groups ( $p < 0.01$ ). At the same time, reduction in afterload induced increase in PV.

4. Effects of phenylephrine: An increase in afterload did not change A, R or the A/R, though PV decreased significantly in normals and tended to decrease in the group EH.

In summary, though the significance of the pulsed Doppler parameters of the LV was not always the same between the two groups, these parameters may be used to evaluate cardiac function in EH, if we pay attention to the influence of preload and afterload.

#### Key words

Pulsed Doppler echocardiography      Essential hypertension      Cardiac function      Preload  
Afterload

## はじめに

近年, パルス・ドップラー心エコー図法を用いた左心血流動態分析が種々の心疾患において用いられている. とりわけ左室流入路波形より求めた拡張期指標は, 心血管造影法や RI 法による左室拡張期指標と高い相関を示し, 注目されている<sup>1-3)</sup>. しかし本態性高血圧症 (EH) における詳細な研究は少なく<sup>4,5)</sup>, 特に左心血流動態指標と血圧, 心拍数, 心肥大, 心ポンプ機能, 後負荷, 年齢等, 広義の心機能との関係, さらに左心血流動態指標への前負荷・後負荷変動時の検討は十分なされていない. 本報では, 拡張期障害が早期より発現するとされている EH<sup>6,7)</sup> を, 心健常例を対照として, 安静時の左心血流動態指標と心機能との関係を検討した. ついで前負荷と後負荷の減少を目的として sodium nitroprusside (SNP) による降圧時, 後負荷増大を目的として phenylephrine による昇圧時に, それぞれ左心血流動態指標を求め, 前負荷, 後負荷の影響についても検討した.

## 方 法

対象は未治療の軽中等症 EH 45 例 (全例男) で, 年齢は 30~55 歳, 平均 47 歳 $\pm$ 7SD である. EH 全例において, 日を変えて 3 回以上測定した受診時座位血圧は平均 160/95 mmHg 以上であった. 心健常対照 (対照群) は, EH 群と有意な年齢差のない 32~55 歳の 27 例 (全例男, 平均 43 $\pm$ 7 歳) である. SNP は EH 群中 19 例, 対照群中 12 例に, phenylephrine は EH 群中 10 例, 対照群中 8 例に使用した.

断層心エコー図装置は Hewlett Packard 製 77020AC (基本周波数 2.5 MHz 使用) を用い, M モードエコー図, パルス・ドップラー波形を記録した. 左室流入路波形は心尖部四腔像の僧帽弁輪部にて求め, Fig. 1 左に示すように急速流入波の最高流速 (R), 心房収縮波の最高流速 (A),  $\frac{1}{2}$ R になるまでの時間 (acceleration half time: AHT, deceleration half time: DHT), それらの勾配 (slope of acceleration half: SAH, slope of deceleration half: SDH) を計測した. 左室流出路波形は心尖部長軸像の大動脈弁輪部にて, Fig. 1 右

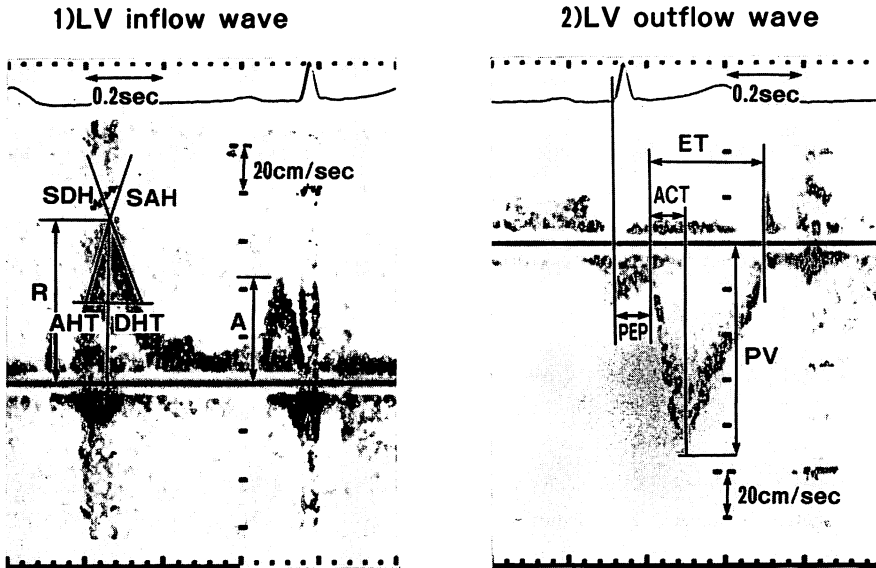


Fig. 1. Measurement method of pulsed Doppler parameters related to left ventricular function flow waves.

R=rapid filling peak velocity; A=presystolic peak velocity; AHT=acceleration half time; DHT=deceleration half time; SAH=slope of acceleration half time; SDH=slope of deceleration half time; PEP=pre-ejection time; ET=ejection time; ACT=acceleration time; PV=peak velocity

に示すように、前駆血期 (PEP)、駆血期 (ET)、ET/PEP, acceleration time (ACT), 最大速流 (peak velocity: PV) を計測した。これらの値は、通常呼吸下で連続する3心拍を紙送り速度10 cm/秒で記録し、平均して求めた。またMモード図より、左室拡張終期径 (Dd)、収縮終期径 (Ds)、拡張終期の心室中隔厚 (IVST)、後壁厚 (PWT) を計測した。心ポンプ機能の指標として左室横径短縮率 (%FS)、心肥大の指標としてIVST, PWT, 左室心筋重量係数 (LVMI)<sup>8)</sup>、後負荷の指標として左室収縮終期壁張力 (WS)<sup>9)</sup> を算出した。

急性血圧下降は、肘静脈より SNP 静注を20  $\mu\text{g}/\text{min}$  から開始し、前の平均血圧に比し約15%下降したところで10分以上観察し、血圧、心拍数の安定した時点で上記諸指標を計測した。急性血圧上昇は、phenylephrine hydrochloride 静注を3  $\mu\text{g}/\text{min}$  より開始し、前の平均血圧に比し約

15%上昇した時点で計測した。血圧はマンシェット法で測定した。

諸数値は、すべて平均 $\pm$ ISDで示した。統計学的検定は、同群間の比較ではpaired t-testを、2群間の比較ではunpaired t-testを、相関係数はすべて一次回帰法を用い、危険率5%以下を有意とした。

## 結 果

### 1. 安静時のEH群と対照群の比較

#### 1) 血圧、心拍数とMモードエコー図所見

Table 1にEH群と対照群の値を示す。EH群の血圧は高かったが、心拍数には差がなかった。Mモードエコー図所見では、Dd, Dsには違いがなかったが、EH群のIVST, PWTは大で、LVMIも高値を示した。WS, %FSは2群間に差がなかった。

**Table 1. Blood pressure, heart rate, and M-mode echocardiographic parameters**

	Group EH (n=45)	Group C (n=27)	EH vs C
Ps (mmHg)	153±17	116±11	p<0.01
Pd (mmHg)	100±12	74±6	p<0.01
HR (beats/min)	63±9	62±6	n.s.
Dd (mm)	47.4±3.9	46.2±2.9	n.s.
Ds (mm)	30.3±4.4	29.6±3.0	n.s.
IVST (mm)	13.1±12.1	9.9±0.9	p<0.01
PWT (mm)	11.8±1.6	9.0±1.0	p<0.01
LVMI (g/m <sup>2</sup> )	158±35	101±16	p<0.01
WS (g/m <sup>2</sup> )	58.0±17.1	55.8±16.1	n.s.
%FS (%)	36.0±7.8	35.7±7.3	n.s.

mean±1SD

Group EH=essential hypertensives; Group C=controls; Ps=systolic blood pressure; Pd=diastolic blood pressure; HR=heart rate; Dd=dimension of the left ventricle in end-diastole; Ds=dimension of the left ventricle in end-systole; IVST=interventricular septal thickness in end-diastole; LVMI=left ventricular mass index; WS=left ventricular wall stress in end-systole; %FS=percent fractional shortening.

**Table 2. Pulsed Doppler parameters of the left ventricular inflow and outflow waves**

	Group EH (n=45)	Group C (n=27)	EH vs C
A (cm/sec)	57±10	46±10	p<0.01
R (cm/sec)	56±13	61±9	n.s.
A/R	1.04±0.20	0.77±0.13	p<0.01
AHT (msec)	60±11	59±11	n.s.
DHT (msec)	304±123	350±79	n.s.
SAH (cm/sec <sup>2</sup> )	485±146	533±164	n.s.
SDH (cm/sec <sup>2</sup> )	304±123	350±79	n.s.
PEP (msec)	98±18	93±14	n.s.
ET (msec)	281±22	285±19	n.s.
ET/PEP	3.01±0.70	3.13±0.57	n.s.
ACT (msec)	76±16	76±15	n.s.
PV (cm/sec)	90±16	87±11	n.s.

mean±1SD

Abbreviations as in Fig. 1 and Table 1.

2) 左室流入路指標と左室流出路指標

Table 2 に値を示す。左室流入路指標では、R は2群間に差がなかったが、EH群のAが対照群より大で (p<0.01), A/R は高値を示した (p<0.01)。左室流出路指標はEH群と対照群とで有意差がなかった。

3) 左室流入路指標と心機能との関係

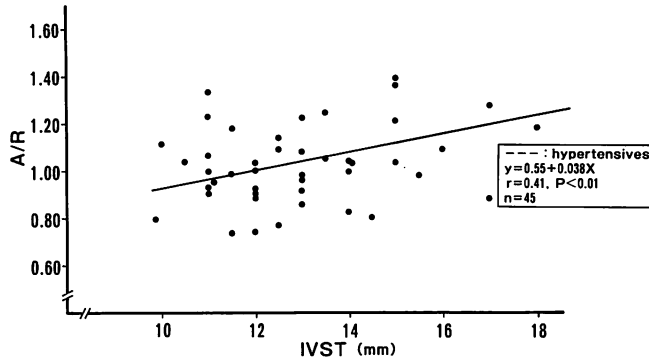
心機能と関係する指標として、年齢、心肥大の指標としてIVST, PWT, LVMI, 心ポンプ機能の指標として%FS, 後負荷の指標としてWS, 検査時収縮期血圧(Ps), 拡張期血圧(Pd), および心拍数を用いた。これらの指標と左室流入路各指標との相関係数が有意であったものをTable 3に示す。EH群では、R, A/R, DHT, SDHがIVSTと、DHT, SDHがPWTと有意な相関を示した。このうちA/RとIVSTの関係をFig. 2に示す。対照群ではAがWSと負の、%FSとは正の相関を示したが、EH群では有意な相関がなかった。また対照群ではRが年齢と負の相関を示し、とくにA/Rは年齢とr=0.64の高い

**Table 3. Correlation coefficients between pulsed Doppler parameters of the left ventricular inflow wave and the parameters related to cardiac function**

	Group EH (n=45)	Group C (n=27)
A vs %FS	n.s.	0.55 **
WS	n.s.	-0.39 *
R vs age	n.s.	-0.40 *
IVST	-0.34 *	n.s.
A/R vs age	n.s.	0.64 **
IVST	0.41 **	n.s.
DHT vs age	0.42 **	n.s.
IVST	0.42 **	n.s.
PWT	0.32 **	n.s.
SDH vs age	-0.31 *	n.s.
IVST	-0.39 **	n.s.
PWT	-0.31 *	n.s.

n.s.=not significant, \*p<0.05, \*\*p<0.01

Abbreviations as in Fig. 1 and Table 1.



**Fig. 2. Relationship between the A/R and interventricular septal thickness (IVST) in essential hypertensives (group EH).**

The A/R correlates positively with IVST in the group EH ( $r=0.41$ ,  $p<0.01$ ), suggesting the importance of IVST in affecting diastolic cardiac function in essential hypertension.

Abbreviations as in Fig. 1.

相関を示した。一方、EH 群では DHT, SDH が年齢と相関したものの、A, R, A/R は相関しなかった。

#### 4) 左室流出路指標と心機能の関係

左室流出路各指標と、心機能に関する各指標との相関が有意であったものを **Table 4** に示す。EH 群では、PEP が %FS とは負の、Ps, Pd とは正の関係を、ET/PEP は Pd と負の関係をみた。とくに **Fig. 3** に示すように、EH 群の PV は %FS と正 ( $r=0.43$ ), WS とは負の相関をみた ( $r=-0.45$ )。対照群では PEP, ET/PEP とともに %FS, WS と相関したが、PV は %FS, WS と有意な関係がなかった。なお両群とも、ET は HR と逆相関した。

### 2. EH 群と対照群における急性前負荷・後負荷変動時の動態変化

#### 1) SNP の主な左室流入路および左室流出路指標への効果

血圧、心拍数、M モードエコー図指標の変化に関し、SNP 使用により、EH 群の平均血圧は前  $116\pm 12$  mmHg より後  $99\pm 10$  へ (平均  $-15\%$ )、対照群では前  $91\pm 9$  より後  $79\pm 9$  へと (平均  $-13\%$ ) 低下した。心拍数は EH 群で

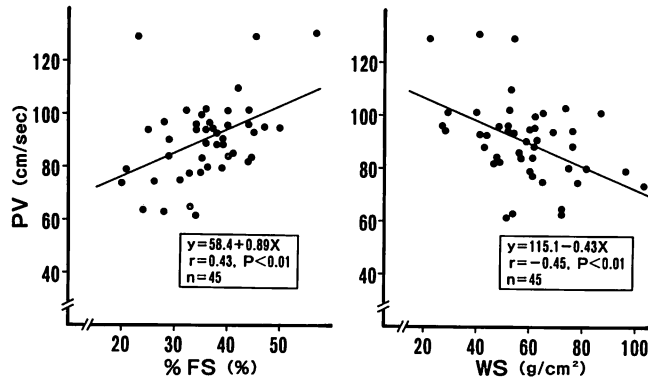
**Table 4. Correlation coefficients between pulsed Doppler parameters of the left ventricular out-flow wave and the parameters related to cardiac function**

		Group EH (n=45)	Group C (n=27)
PEP	vs %FS	-0.33 *	-0.44 *
	WS	n.s.	0.40 *
	Ps	0.31 *	n.s.
	Pd	0.44 **	n.s.
ET	vs HR	-0.54 **	-0.42 *
ET/PEP	vs %FS	n.s.	0.47 *
	WS	n.s.	-0.45 *
	Pd	-0.39 **	n.s.
PV	vs %FS	0.43 **	n.s.
	WS	-0.45 **	n.s.

n.s.=not significant, \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

Abbreviations as in Fig. 1 and Table 1.

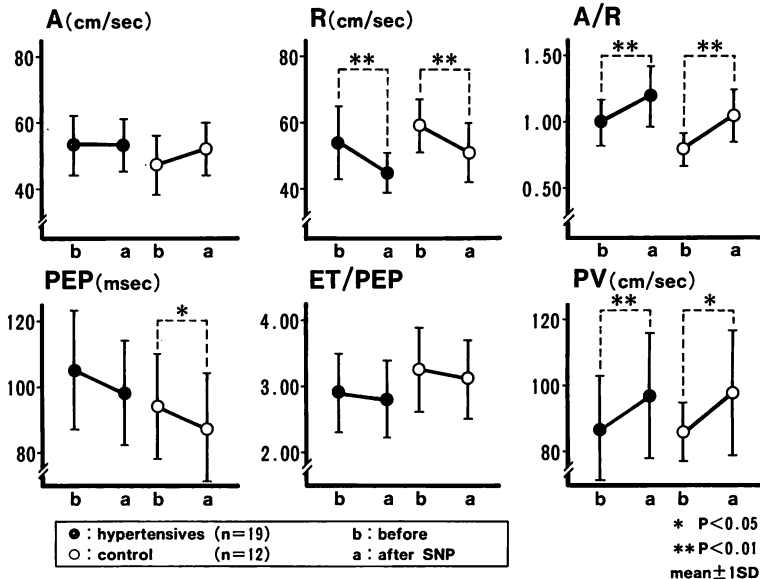
前  $65\pm 10$ /min より後  $74\pm 9$  へ、対照群では前  $60\pm 6$  より後  $76\pm 14$  へと2群とも増加し、対照群の増加は EH 群より大であった ( $p<0.05$ )。この際2群とも Dd, Ds は著明に小となり、壁厚は増し、%FS は増加し、WS は減少した(両群ともすべて  $p<0.01$ )。



**Fig. 3. Relationships between PV and %FS, and PV and WS in essential hypertensives (groups EH).**

PV correlates with %FS ( $r=0.43$ ,  $p<0.01$ ) and with WS ( $r=-0.45$ ,  $p<0.01$ ) in the group EH suggesting that PV is relatively a good parameter for evaluating cardiac function in essential hypertension.

Abbreviations as in Fig. 1 and Table 1.



**Fig. 4. Acute hypotensive effect of sodium nitroprusside (SNP) on pulsed Doppler parameters of the left ventricular inflow and outflow waves.**

R and the A/R significantly change during SNP infusion in the group EH (●) and in the group C (○), while A remains unchanged in both the groups. A decrease in R may be induced by reduced preload. PV increases significantly during SNP infusion in both the groups reflecting reduced afterload.

Abbreviations as in Fig. 1.

SNP 使用前後の EH 群と対照群の主な左室流入路と流出路指標の変化を Fig. 4 に示す。流入路指標では、EH 群の A は前  $53 \pm 9$  cm/sec より後  $53 \pm 8$  と変化なく、対照群でも前  $47 \pm 9$  より後  $52 \pm 8$  と有意な変化をみなかった。しかし R は、EH 群で前  $54 \pm 11$  cm/sec より後  $45 \pm 6$  と減少し ( $p < 0.01$ )、対照群でも前  $59 \pm 8$  より  $51 \pm 9$  へと減少した ( $p < 0.01$ )。A/R は、EH 群で前  $1.00 \pm 0.18$  より後  $1.19 \pm 0.23$  へ、対照群でも前  $0.80 \pm 0.12$  より後  $1.04 \pm$  へと増加した (ともに  $p < 0.01$ )。

左室流出路指標では、PEP は SNP 使用時減少傾向を示し、対照群で有意であった (EH 群: 前  $105 \pm 18$  msec vs 後  $98 \pm 16$ , n.s.; 対照群: 前  $94 \pm 16$  vs 後  $87 \pm 17$ ,  $p < 0.05$ )。ET/PEP は両群とも有意な変化を示さなかった。PV は EH 群で前  $87 \pm 16$  cm/sec より後  $97 \pm 19$  へと増し ( $p <$

$0.01$ )、対照群でも前  $86 \pm 9$  より後  $98 \pm 19$  へと増した ( $p < 0.05$ )。

なお SNP 使用時、EH 群と対照群の左室流入路および流出路指標の  $\Delta$  変化は、すべて 2 群間で有意差がなかった。

2) Phenylephrine の主な左室流入路および流出路指標への効果

血圧、心拍数、M モードエコー図指標の変化に関して、EH 群の平均血圧は前  $112 \pm 10$  mmHg より後  $129 \pm 12$  へ (平均 +15%)、対照群では前  $92 \pm 7$  より後  $107 \pm 10$  へ (平均 +17%) 増した。心拍数は EH 群で前  $62 \pm 9$ /分より後  $55 \pm 8$  へ減少し ( $p < 0.01$ )、対照群では前  $60 \pm 6$  より後  $56 \pm 9$  へと減少傾向をみたが、有意ではなかった。両群とも Dd は拡大し、%FS は低下し、WS は増加した (すべて  $p < 0.01$ )。

Phenylephrine 使用前後の EH 群、対照群に

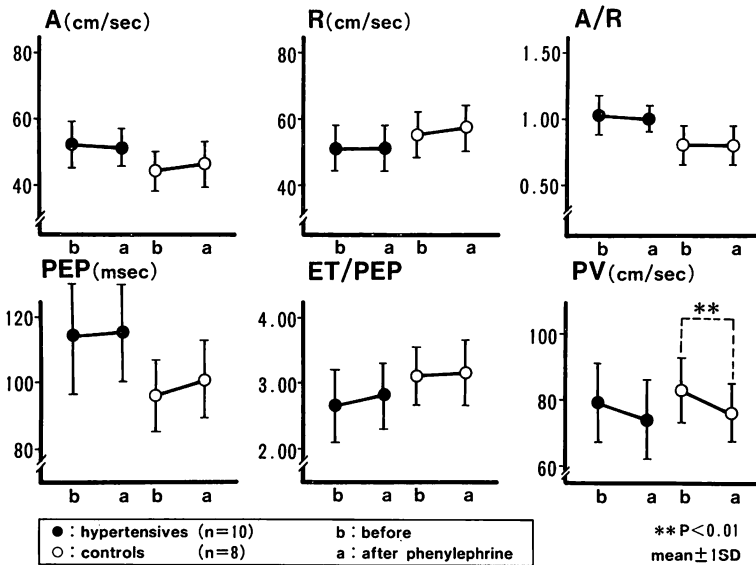


Fig. 5. Acute hypertensive effect of phenylephrine on pulsed Doppler parameters of the left ventricular inflow and outflow waves.

A, R or the A/R do not change during phenylephrine infusion in the group EH (●) and in the group C (○). PEP and the ET/PEP are also unchanged in both the groups, while PV tends to decrease during phenylephrine infusion in the group EH ( $p < 0.10$ ) and is reduced significantly in the group C ( $p < 0.01$ ) indicating PV to be influenced by an acute increase in afterload.

Abbreviations as in Fig. 1.

おける主な左室流入路および流出路指標の変化を Fig. 5 に示す. 流入路指標 A, R, A/R は変化しなかった. 流出路指標 PEP, ET/PEP も両群とも有意な変化を示さなかった. しかし PV は, EH 群では前  $79 \pm 12$  cm/sec より  $74 \pm 12$  へと有意ではないが減少傾向を, 対照群では前  $83 \pm 10$  より後  $76 \pm 9$  へと減少した ( $p < 0.01$ ).

なおこの際, 両群における上記指標の  $\Delta$  変化は, 2 群間で有意差がなかった.

## 考 察

### 1. 本態性高血圧症の安静時左室パルス・ドプラー指標について

今回の安静時左室流入路指標の成績では, EH 群の R, SDH, DHT の異常はなく, A の増しを認め, その結果, A/R は高値を示した. すなわち EH では, 心房収縮速度の増しが, 慢性圧負荷に対し, 収縮期心機能を保つ代償として出現していると推測される. さらに注目すべきことは, EH 群で IVST が R, SDH と負の, A/R と正の相関をみたことである. EH では左室全体の肥大の程度を示す LVMI よりも, IVST の方が拡張期心機能への影響が大であると判断される. なお EH 群の左室流入路各指標とも, 血圧, 心拍数, LVMI, 後負荷の程度, 心ポンプ機能とは有意な関係がなかった.

EH における左室流入路指標に関しては, 既にいくつかの報告がある<sup>4,5,10,11</sup>). Tanouchi らの報告<sup>10</sup>)では, 心肥大を生じない時点より, 既に R や SDH の低下, A/R の増加を認め, 心肥大の進展とともにその程度が増すとされている. Kitabatake らは, R, SDH の低下, A の亢進を EH において認めているが<sup>11</sup>), EH 群の年齢は平均 52 歳と心健常群の平均 44 歳よりも高齢であり, 年齢の違いが影響したことも考えられ<sup>12,13</sup>), 問題が残る. Gardin らの報告<sup>5</sup>)では, EH 群の A, R は心健常群と差がなく, 左室心筋重量, 血圧とも相関しなかった. 一方, Dianzumba らの成績<sup>4</sup>)では, EH 群における R は同年齢の心健常群と差

がないが, A は高値を示し, A/R は大であった. しかし EH 群の A/R は血圧, 左室心筋重量と相関しなかったといい, EH における A/R 異常の原因として, 血圧, 心肥大以外の因子を推測している. 今回の成績は, IVST, PWT の拡張期心機能への関与を認めた点は異なるものの, Dianzumba らのそれとほぼ同様であった.

年齢の関与について, 対照群では R と年齢に  $r = -0.40$  ( $p < 0.05$ ), A/R とは  $r = 0.64$  ( $p < 0.01$ ) と高い相関を認めた. 一方, EH 群では DHT, SDH が年齢と相関したが, A, R, A/R は有意な相関を示さなかった. 対照群での今回の成績は, Miyatake ら<sup>12</sup>), Bryg らの報告<sup>13</sup>)と同様であった. Gardin らは EH 群においても年齢と A, R とに相関を示している<sup>5</sup>). 今回の成績との違いは, 彼らの対象の年齢が 19 歳から 66 歳で, 年齢幅の大きい集団での検討であったためと思われる. 中壮年主体の EH では, 心健常例と異なり, 年齢の関与よりも病態の影響の方が上回るためと考えられる.

安静時左室流出路指標では, EH 群で PEP が心ポンプ機能, Ps, Pd と, ET/PEP が Pd と, さらに PV は後負荷の程度, 心ポンプ機能と相関し, 年齢はいずれの指標とも相関しなかった. 対照群では, PEP, ET/PEP とも心ポンプ機能, 後負荷の程度と相関した. なおよく知られているとおり ET と心拍数とが相関した<sup>14</sup>).

多相性脈波による左心収縮時相分析が心機能判定に有用であることは, Weessler らにより明らかにされている<sup>14,15</sup>). しかしパルス・ドプラー法による左心収縮時相分析の有用性はいまだ明らかにされていない. 今回の成績では, この方法は脈波分析による方法と同様に, EH 群, 対照群の広義の心機能と密接な関係にあることが示された. とくに左室流出路指標のうち, PV は従来の脈波分析では得られない指標であり, 注目される.

以前より, 大動脈起始部の最大流速やその血流加速度が左室収縮性を表わすとされている<sup>16~19</sup>).



一方、北畠らによると、心機能低下例においても、大動脈弁輪部の最大流速は心形態の変化等で代償されるので、左室駆出率と相関しないという<sup>20)</sup>。しかし彼らの対象は、拡張型心筋症、虚血性心疾患、健常心と、病態の著しく異なる集団であった。今回の対象は、未治療軽・中等症 EH で、年齢も中壮年とほぼ均一の病態下にあるので、最大流速が心ポンプ機能と正相関したと考えられる。今回、EH 群で PV と WS とが逆相関したが、Chung らが麻酔犬で示したこと<sup>21)</sup>が EH でも認められた。

このようにパルス・ドップラー法における左室流入路および流出路指標は、EH 群、対照群の広義の心機能に関連する指標と相関した。しかしこれらを用い心機能を判定する際、EH 群と対照群とで各指標の持つ意義が一致する場合もあるが、異なることも多いことが示された。したがってこれらの指標を臨床応用する場合、各疾患の持つ病態の特殊性を考慮すべきであると考えられる。

## 2. 急性前負荷・後負荷変動時の左室パルス・ドップラー指標について

SNP は前負荷・後負荷を軽減する作用があり<sup>22,23)</sup>、phenylephrine は後負荷を増す作用がある<sup>24)</sup>。その際、両薬剤とも心筋収縮性をほとんど変化させないとされている。SNP 使用時、左室流入路指標では EH 群、対照群とも A の有意な変化をみないが、R は低下し、したがって A/R が高値となった。一方、phenylephrine 使用時、両群とも A, R, A/R に有意な変化を見なかった。したがって左室流入路指標に対する効果は、平均血圧約 15% 程度の変動の際には、後負荷の変化よりも前負荷の影響を強く受けると推測される。

今回の SNP 使用時と同様の成績を、Choong らは 11 人の胸痛患者に nitroglycerin を静注して得ている<sup>25)</sup>。すなわち nitroglycerin により肺動脈楔入圧が著明に低下したことから、左房圧の低下が R の減高を引き起こすと推測している。我々も同様の機序が主体であろうと考えている。他の可能性としては、SNP 使用時左室腔は縮小

し、左室心筋壁厚は増大したので、心肥大の影響がある。すなわち EH 群、対照群ともに IVST, PWT は有意に増加し(約 15%)、その結果心肥大の影響が強くなり、拡張障害が生ずる<sup>26)</sup>可能性がある。またさらに SNP 使用時の心拍数は両群とも有意に増加しており、その関与の可能性<sup>27,28)</sup>も否定できない。しかし純粋な前負荷軽減とはいえないが、宮口らの血液透析前後の左室流入血流の成績<sup>29)</sup>では、心拍数不変のまま著しい R の減少をみている。したがって心拍数の関与もあろうが、左房圧の低下が主体となり、一部、心筋肥大の影響も加わり、R が低下すると推察される。

今回の成績では、後負荷増大時に左室流入路指標は有意な変化を示さなかった。Slutsky らは、健常心例と陳旧性心筋梗塞例に対し、アトロピンで頸動脈洞反射を抑制し、phenylephrine を使用した<sup>30)</sup>。その際、健常心例で Ps を平均 43 mmHg 上昇させたとき、RI 法左室急速充満速度は有意に減少したという。また今回の安静時の成績で、血圧の高い EH で A が高値であったことを考えると、後負荷増大時には A が高まる反応のほうに自然であるという印象を受ける。成績が予想に反した理由として、今回の後負荷増大時の血圧上昇が平均血圧で 16 mmHg、Ps で平均 26 mmHg と軽度であったこと、さらに頸動脈洞反射が加味されていたこと等が考えられ、さらに検討を要すると思われる。なお atropine を使用すれば、心拍数の補正、頸動脈洞反射の抑制は可能になるが、自律神経系が変動し、心機能への影響が考えられるため、今回は atropine を使用しなかった。

左室流出路指標に関しては、SNP 使用時、後負荷軽減により、EH 群、対照群とも PV は増加した。一方、phenylephrine 使用時、後負荷増大により、PV は対照群では低下、EH 群では有意ではないが低下傾向にあった。安静時の成績で PV は後負荷の程度と逆相関することを示したが、後負荷の急性変動によっても影響を受けることが判明した。なお PV 以外の左室流出路指標の PEP, ET/PEP に対する急性前負荷・後負荷の

影響は少ないと考えられる。

急性前負荷・後負荷変動時の成績から左室パルス・ドップラー指標の臨床的意義をみると、拡張期心機能をみる際、loading condition, とくに前負荷へ影響する薬剤や処置等には注意する必要がある。また PV を収縮期心機能の指標とする際には、後負荷の影響を考慮して用いるべきであると思われる。

## 結 論

本態性高血圧症 45 例 (EH 群) と健常心 27 例の安静時左室パルス・ドップラー指標を求め、心機能との関係を見た。ついで一部の例に Sodium nitroprusside (SNP), phenylephrine を静注し、平均血圧を約 15% 変動し、上記指標への急性前負荷・後負荷変動の影響を検討した。

1. EH 群では A が高く、A/R は高値を示したが、流出路指標はすべて対照群と差がなかった。

2. EH 群の IVST は、LVMI との相関よりも、拡張期心機能への関与が大であった。

3. 健常対照群では R, A/R は年齢と関連したが、EH 群では A, R, A/R とともに年齢と関連しなかった。

4. 健常対照群では ET/PEP は心ポンプ機能、後負荷の程度と相関したが、EH 群では相関しなかった。

5. EH 群の PV は、後負荷、心ポンプ機能と関係した。

6. SNP 使用時、前負荷の減少により R は低下し A/R は高値となり、また後負荷の軽減により PV は増加した。

7. Phenylephrine 使用時、A, R, A/R は変化しなかったが、PV は対照群で減少し、EH 群では減少傾向をみた。

以上より、パルス・ドップラー法による左心諸指標は、病態の違いにより持つ意味が異なるものの、EH 群の心機能評価には非常に有用である。しかし左室流入路指標は前負荷に、左室流出路指

標は後負荷の影響を受けるので、その使用には注意を要する。

## 要 約

本態性高血圧症 (EH) でパルス・ドップラー心エコー図法による左心血流動態指標と心機能との関係を検討し、それらの指標におよぼす急性前負荷変動の影響を明らかにしようとした。そのため未治療の軽・中等症 EH 45 例と健常心 27 例 (対照群) に対し、左室流入波形より急速流入波の最大流速 (R), 心房収縮波の最大流速 (A) および A/R を求め、また左室流出路波形から前駆血期 (PEP), 駆血期 (ET), ET/PEP, 最高流速 (PV) を求めた。上記指標と心機能に關係する指標として、年齢、心肥大の指標として心室中隔厚 (IVST) と左室心筋重量係数 (LVMI), 心ポンプ機能の指標として %FS, 後負荷の指標として左室壁張力 (WS), 血圧, および心拍数を選び、それぞれの相関をみた。

前負荷・後負荷変動の影響を、EH 群、対照群の一部の例において、sodium nitroprusside (SNP) 静注による平均血圧約 15% 下降の時点、また phenylephrine を静注による平均血圧約 15% 上昇の時点で検討した。

1. 左室流入路指標: EH 群の A および A/R は高値を示した ( $p < 0.01$ )。EH 群の IVST は R, A/R と相関したが、LVMI とは相関しなかった。対象群では A が %FS, WS と相関したが、EH 群では相関しなかった。また対象群では年齢と R, A/R が相関したが、EH 群では相関しなかった。

2. 左室流出路指標: 両群間の値に有意差はなかった。しかし EH 群における PV は %FS と正、WS とは負の相関を示した。対照群での ET/PEP は %FS および WS と相関したが、EH 群では相関しなかった。

3. SNP 使用時: 両群とも前負荷減少により R は低下し、A/R は増大 ( $p < 0.01$ )、また後負荷減少により PV は増大した。

4. Phenylephrine 使用時：後負荷増大時，両群とも A, R, A/R は変化しなかったが，PV は対照群で減少し，EH 群では減少傾向をみた。

結論として，パルス・ドップラー法による左心諸指標は，EH 群と対照群とで心機能上の意味が一部異なるものの，EH 群の心機能評価に有用である。しかし左室流入路指標は前負荷に，左室流出路指標は後負荷の影響を受ける。

#### 文 献

- 1) 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
- 2) Spirito P, Maron BJ, Bonow RO: Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function: Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques. *J Am Coll Cardiol* **7**: 518-526, 1986
- 3) Friedman BJ, Drinkovic N, Miles H, Shih WJ, Mazzoleni A, DeMaria AN: Assessment of left ventricular diastolic function: Comparison of Doppler echocardiography and gated blood pool scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* **8**: 1348-1354, 1986
- 4) Dianzumba SB, DiPette DJ, Cornman C, Weber E, Joyner CR: Left ventricular filling characteristics in mild untreated hypertension. *Hypertension* **8** (Suppl I): I-156-I-160, 1986
- 5) Gardin JM, Drayer JIM, Weber M, Rohan MK, Knoll M, Shu VWC, Garcia R, Brewer D, Henry WL: Doppler echocardiographic assessment of left ventricular systolic and diastolic function in mild hypertension. *Hypertension* **9** (Suppl II): II-90-II-96, 1987
- 6) Fouad FM, Tarazi RC, Gallagher JH, MacIntyre WJ, Cook SA: Abnormal left ventricular relaxation in hypertensive patients. *Clin Sci* **59**: 411-414, 1980
- 7) Inouye I, Massie B, Loge D, Topic N, Silverstein D, Simpson P, Tubau J: Abnormal left ventricular filling: An early finding in mild to moderate systemic hypertension. *Am J Cardiol* **53**: 120-126, 1984
- 8) Devereux RB, Reichek N: Echocardiographic determination of left ventricular mass in man: Anatomic validation of the method. *Circulation* **55**: 613-618, 1977
- 9) Reichek N, Wilson J, Sutton MSJ, Plappert TA, Goldberg S, Hirshfeld JW: Noninvasive determination of left ventricular end-systolic stress: Validation of the method and initial application. *Circulation* **65**: 99-108, 1982
- 10) Tanouchi J, Inoue M, Kitabatake A, Hori M, Asao M, Mishima M, Shimazu T, Morita H, Masuyama T, Abe H, Matsuo H: Impaired early diastolic filling of left ventricle in hypertensive patients assessed by intracardiac pulsed Doppler flowmetry. *Circulation* **64** (Suppl IV): IV-255, 1981 (abstr)
- 11) 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
- 12) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, Owa M, Nakasone I, Sakakibara H, Nimura Y: Augmentation of atrial contribution of left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry. *Am J Cardiol* **53**: 586-589, 1984
- 13) Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ: Effect of aging on left ventricular diastolic filling in normal subjects. *Am J Cardiol* **59**: 971-974, 1987
- 14) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* **37**: 149-159, 1968
- 15) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Bed-side technics for the evaluation of ventricular function in man. *Am J Cardiol* **23**: 577-583, 1969
- 16) Rushmer RF: Initial ventricular impulse: A potential key to cardiac evaluation. *Circulation* **29**: 268-283, 1964
- 17) Noble MIM, Trenchard D, Guz A: Left ventricular ejection in conscious dogs: 1. Measurement and significance of the maximal acceleration of blood from the left ventricle. *Circ Res* **19**: 139-147, 1966
- 18) Gardin JM, Iseri LT, Elkayam U, Tobis J, Childs W, Burn CS, Henry WL: Evaluation of dilated cardiomyopathy by pulsed Doppler echocardiography. *Am Heart J* **5**: 1057-1065, 1983
- 19) Bennett ED, Barclay SA, Davis AL, Mannering D, Mehta N: Ascending aortic blood velocity and acceleration using Doppler ultrasound in the assessment of left ventricular function. *Cardiovasc Res* **18**: 632-638, 1984
- 20) 北畠 颯, 田内 潤, 浅生雅人, 石原 謙, 森田利男, 藤井謙司, 伊藤 浩, 堀 正二, 井上通敏, 阿

- 部 裕: 駆出期における左室内血流速からする左室収縮機能評価の試み: 超音波エコー・ドプラー法による検討. 日超医講演論文集 **44**: 515-516, 1984
- 21) Chung DCW, Chamberlain JH, Seed RGFL: The effect of hemodynamic changes on maximum blood flow acceleration at the aortic root in the anaesthetized, open-chest dog. *Cardiovasc Res* **8**: 362-372, 1974
- 22) Guiha NH, Cohn JN, Mikulic E, Franciosa JA, Limas CJ: Treatment of refractory heart failure with infusion of nitroprusside. *N Engl J Med* **291**: 587-592, 1974
- 23) Schlant RC, Tsagaris TS, Robertson RJ Jr: Studies on the acute cardiovascular effects of intravenous sodium nitroprusside. *Am J Cardiol* **9**: 51-59, 1962
- 24) Seteven MH, Doris WK: Hemodynamic effects of neosynephrine. *Am J Physiol* **178**: 387-391, 1954
- 25) 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
- 26) Grossman W, McLaurin LP, Moos SP, Stefadourous M, Young DT: Wall thickness and diastolic properties of the left ventricle. *Circulation* **49**: 129-135, 1974
- 27) 辻林 隆, 高元俊彦, 田中千博, 中村 滋, 新田政男, 伊藤春樹, 谷口興一: 左室充滿血流動態に対する心拍数の影響. 日超医講演論文集 **50**: 867-868, 1987
- 28) Herzog CA, Elsperger KJ, Manoles M, Murakami M, Asinger R: Effect of atrial pacing on left ventricular diastolic filling measured by pulsed Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* **9**: 197A, 1987, (abstr)
- 29) 宮口和彦, 都築実紀, 岩瀬正嗣, 外畑 巖: 血液透析による前負荷軽減の左室拡張動態における影響. 日超医講演論文集 **51**: 759-760, 1987
- 30) Slutsky RA, Mancini J, Gerber KH, Dittrich HC, Higgins CB: Analysis of ventricular emptying and filling indexes during acute increases in arterial pressure. *Am J Cardiol* **51**: 468-475, 1983