

左室拡張動態と心尖拍動図
A 波率との関係：心エコー
図法およびパルス・ドップ
ラー法による検討

Relationship between left
ventricular diastolic be-
havior and the A wave
ratio by the apexcardio-
gram: A study with
echocardiography and
pulsed Doppler echo-
cardiography

玉野 宏一
清水 孝彦
浜崎 直也*
山本 英雄
八木 繁

Kouichi TAMANO
Takahiko SHIMIZU
Naoya HAMAZAKI*
Hideo YAMAMOTO
Shigeru YAGI

Summary

We investigated the relationship between parameters of left ventricular diastolic filling using pulsed Doppler echocardiography and the A wave ratio of apexcardiography (ACG), and then evaluate the characteristic features of diastolic behavior in hypertrophic hearts and in various cardiac diseases.

The study population consisted of 68 patients and 25 normal subjects, and included 19 cases of chronic renal failure (CRF), 17 cases of ischemic heart disease (IHD), 16 cases of hypertension (HT), six cases of hypertrophic cardiomyopathy, two cases of aortic stenosis, two cases of arrhythmias, and six of other cardiac diseases.

The A wave ratio of ACG was calculated as the ratio of A wave amplitude and total excursion $[(A/E-O) \times 100]$. At the same time, the peak early filling velocity (R), the peak late filling velocity (A), the ratio of R to A (A/R), acceleration time (AT), and deceleration time (DT) were measured from the left ventricular inflow velocity pattern using pulsed Doppler echocardiography. The results were as follows:

1. There was a close positive correlation between the A wave ratio of ACG and the A/R of pulsed Doppler echocardiography.

獨協医科大学 循環器内科
栃木県下都賀郡壬生町北小林 880 (〒321-02)
*小倉記念病院 循環器科
北九州市小倉北区貴船町 1-1 (〒802)

Department of Medicine, Division of Hypertension
and Cardiorenal Disease, Dokkyo University School
of Medicine, Kitakobayashi 880, Mibu-machi, Tochigi
321-02

*Department of Cardiology, Kokura Memorial Hospi-
tal, Kifunemachi, Kokurakita-ku 1-1, Kitakyushu 802

Received for publication November 29, 1986; accepted January 9, 1987 (Ref. No. 31-10)

2. In patients with left ventricular hypertrophy (LVH), both the A wave ratio and the A/R were significantly higher than those in normal subjects. And in LVH with asynergy, both the A wave ratio and the A/R were significantly higher than those in LVH without asynergy.

3. In CRF, IHD, and HT, both the A wave ratio and the A/R were significantly higher than those in normal subjects, but there were no significant differences among these three disease entities.

It was concluded that there is a good correlation between the A wave ratio of ACG and the left ventricular A/R of pulsed Doppler echocardiography, and that both of them are useful non-invasive parameters for evaluating left ventricular diastolic function.

Key words

Left ventricular diastolic behavior Apexcardiogram Pulsed Doppler echocardiogram

はじめに

心尖拍動図 (ACG) は主に左室収縮期および拡張期動態の定性的評価に応用されているが、定量的に心機能を評価する試みも少なくない。特に A 波率は、左室拡張期の stiffness¹⁾ や compliance²⁾ と良く相関すると報告されており、その簡便さも手伝って、臨床に広く用いられている。一方、近年パルス・ドップラー法によって心腔内血流速度の非観血的計測が可能となり、その応用として、左室流入血流パターンから左室拡張動態の検討が各種疾患で行われている³⁻⁶⁾。

このように、ACG の A 波率とパルス・ドップラー法がともに左室拡張動態の評価に応用されているにもかかわらず、現在まで両者を比較検討した論文は少ない。

今回我々は、ACG の A 波率とパルス・ドップラー法によって得られた各指標との関係を心疾患患者および正常者で調べ、加えて肥大心および各疾患別に両者を比較検討したので報告する。

対象と方法

対象は疾患群 68 例で、男性 34 例、女性 34 例、年齢は 16 歳から 86 歳、平均 54.9±16.9 (mean±SD) 歳である。臨床診断は、慢性腎不全 19 例、虚血性心疾患 17 例、高血圧 16 例、肥大型心筋症 6 例、大動脈弁狭窄症 2 例、不整脈 2 例、その他 6 例で、本研究の慢性腎不全群は全例血液透析患者である。一方、正常対照群は 25 例で、男性 17

Table 1. Subjects

	No. of cases
Chronic renal failure	19
Ischemic heart disease	17
Essential hypertension	16
Idiopathic hypertrophic cardiomyopathy	6
Aortic stenosis	2
Arrhythmia	2
Others	6
Normal	25
Total	93

例、女性 8 例、年齢は 16 歳から 65 歳、平均 40.0 ± 14.3 歳である (Table 1)。

方法は、東芝 SSH-11A 超音波心断層装置 (超音波周波数: 2.4 MHz) と東芝製 SDS-10A パルス・ドップラー装置 (パルス繰り返し周波数: 4 KHz または 6 KHz) を使用し、M モード心エコー図、ドップラー心エコー図をストリップチャートレコーダー (紙送り速度: 50 mm/sec または 100 mm/sec) で記録した。同時に、フクダ電子製 TY303 トランスデューサーを用いて ACG を記録した。パルス・ドップラーのサンプルボリュームは、心尖部方向より僧帽弁輪中央部に設置した (Fig. 1)。得られたドップラー心エコー図から、拡張早期最大流入速度 (peak early filling velocity: R)、心房収縮期最大流入速度 (peak late filling velocity: A)、両者の比 (A/R)、加速時間 (acceleration time: AT)、減速時間 (deceleration time:

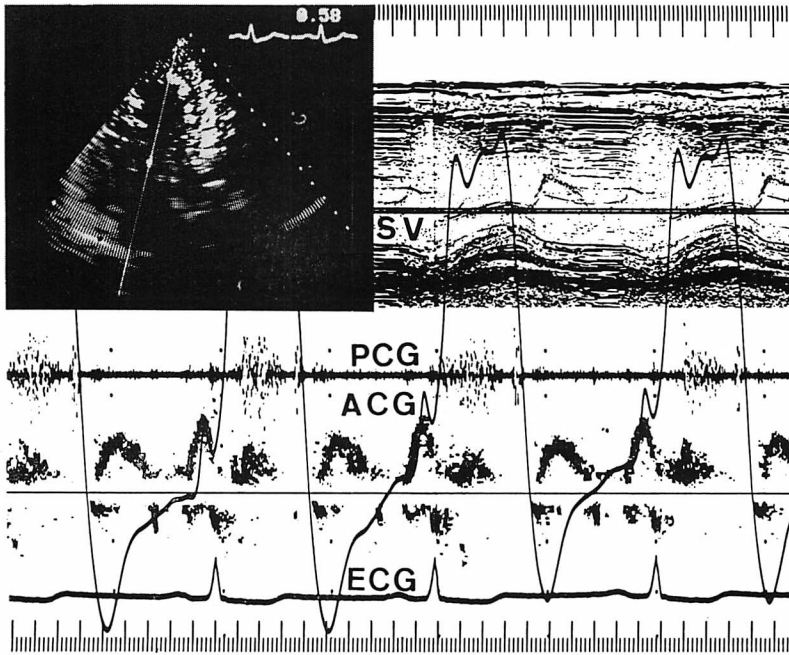


Fig. 1. Two-dimensional echocardiogram and Doppler echocardiogram simultaneously recorded with apexcardiogram.

SV=sample volume; PCG=phonocardiogram; ACG=apexcardiogram.

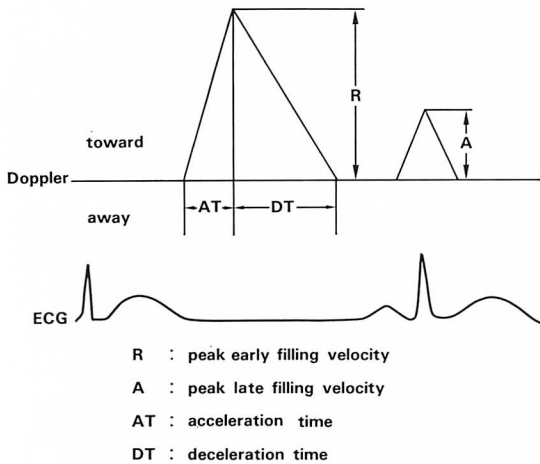


Fig. 2. Schema of the analysis of left ventricular inflow pattern.

DT) を求めた (Fig. 2). ACG の A 波率は $(A/E-O) \times 100$ により算出した (Fig. 3).

検討項目は、A 波率とドップラー心エコー図よ

り求めた各指標との相関である。

ついで M モード心エコー図および断層心エコー図により、心室中隔厚または左室後壁厚が 13 mm 以上の左室肥大 (LVH) 群、左室肥大とともに asynergy の存在する (LVH+asynergy) 群を選択し、正常対照群とこれら 2 群で、A 波率と A/R の比較検討を行った。各疾患別の比較検討も同様に行った。

統計処理には unpaired Student's t-test を用い、危険率 5% 未満で有意とした。

結 果

疾患群および正常群での各指標は Table 2 に示すごとくで、疾患群では A, A/R, A 波率が正常群に比して有意に増大していた。

1. A 波率と左室流入血流パターン各指標との相関
 ACG の A 波率と、ドップラー心エコー図より求めた左室流入血流パターン各指標との相関を

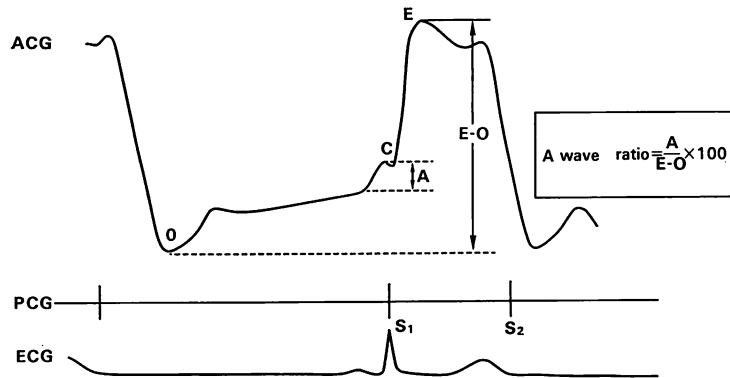


Fig. 3. Schema of the analysis of apexcardiogram.
Abbreviations: see Fig. 1.

Table 2. Measurement values of various indexes

	Normal (n=25)	Diseases (n=68)
Peak early filling velocity (R) (cm/sec)	73.7±13.1	70.0±16.7
Peak late filling velocity (A) (cm/sec)	47.9±12.9	61.8±17.1**
A/R ratio	0.66±0.18	0.91±0.28**
Acceleration time (AT) (sec)	0.08±0.02	0.08±0.02
Deceleration time (DT) (sec)	0.20±0.04	0.21±0.06
A wave ratio of apexcardiography(%)	8.5±2.3	13.6±7.1**

Values are expressed as mean±SD.

**p<0.01 versus normal group.

Table 3. Correlations (r values) between the A wave ratio of apexcardiogram and parameters of left ventricular diastolic filling using pulsed Doppler echocardiography

	Diseases (n=68)	Normal (n=25)	All subjects (n=93)
R	-0.34*	+0.09	-0.31**
A	+0.52**	+0.61**	+0.58**
A/R	+0.74**	+0.50*	+0.75**
AT	-0.23	+0.15	-0.18
DT	+0.06	-0.00	+0.06

*p<0.05, **p<0.01 vs A wave ratio.

R=peak early filling velocity; A=peak late filling velocity; AT=acceleration time; DT=deceleration time.

Table 3 に示す。

疾患群, 正常群, および全例を通じて, A 波率と A/R との間に強い正の相関が認められた。また, A 波率と A にも正の相関が認められた。疾患群および疾患群と正常群を含めた全例で, A 波率と R との間に弱い負の相関が認められた。疾患群, 正常群, および全例で, A 波率と AT, DT との間に相関は認められなかった。

全例における A 波率と A/R との相関を Fig. 4 に示す。

2. LVH 群, LVH+asynergy 群の A 波率と A/R

A 波率は LVH 群 13.5±6.2%, LVH+asynergy 群 19.6±7.3% で, LVH を有する 2 群が正常群 8.5±2.3% に比し有意な高値を示した。また, LVH を有する群では asynergy のある群の方が有意に高値であった。A/R も同様で, LVH 群 0.95±0.27 と LVH+asynergy 群 1.14±0.18 の 2 群が正常群 0.66±0.18 に比して有意に高値を示し, これら 2 群のうちでは, asynergy のある群の方が有意に高値であった (Fig. 5)。

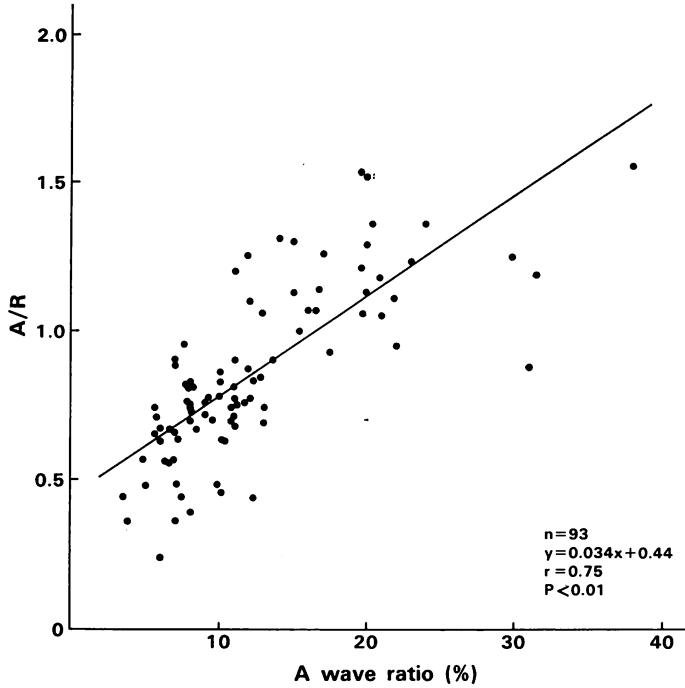


Fig. 4. Correlation between the ratio of peak late filling velocity to peak early filling velocity (A/R) and the A wave ratio of apexcardiogram.

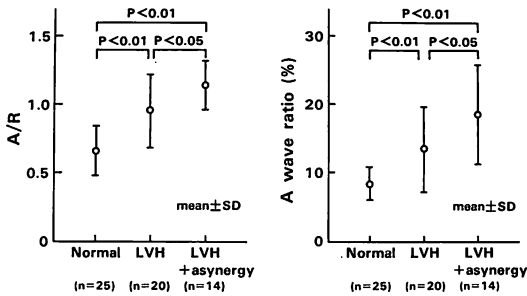


Fig. 5. Comparisons of the A/R ratio and the A wave ratio in normal, LVH, and LVH with asynergy.

LVH=left ventricular hypertrophy.

LVH 群, LVH+asynergy 群とも A 波率と A/R との間に有意な正の相関を認めた (Fig. 6).

正常群, LVH 群, LVH+asynergy 群の心室中隔厚と左室後壁厚との和は, それぞれ 20.6 ± 2.0 mm, 27.0 ± 3.0 mm, 30.1 ± 5.9 mm で, LVH

群と LVH+asynergy 群が正常群より有意 ($p < 0.01$) に高値であったが, LVH 群と LVH+asynergy 群との間には有意差を認めなかった。

Fig. 7 に正常群, LVH 群, LVH+asynergy 群の A および R を示す. A は LVH を有する 2 群間では差がないが, 正常群との間に有意差を認めた. R は LVH+asynergy 群で明らかな低下を示した。

3. 疾患別の A 波率と A/R

比較的症例数の多い慢性腎不全, 虚血性心疾患, 高血圧について, A 波率と A/R の検討を行った。

A 波率は慢性腎不全群 $13.6 \pm 5.2\%$, 虚血性心疾患群 $13.8 \pm 8.4\%$, 高血圧群 $13.5 \pm 5.1\%$ であり, 各疾患とも正常群 $8.5 \pm 2.3\%$ より有意に高値を示したが, 各疾患群の間には有意差を認めなかった. 同様に, これら 3 群における A/R も, それぞれ 0.94 ± 0.26 , 0.89 ± 0.19 , および $1.00 \pm$

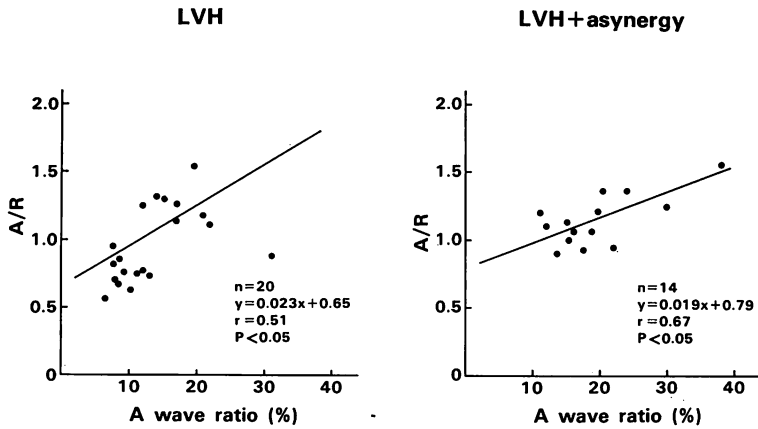


Fig. 6. Correlations between the A/R ratio and the A wave ratio in LVH and LVH with asynergy.

LVH=left ventricular hypertrophy.

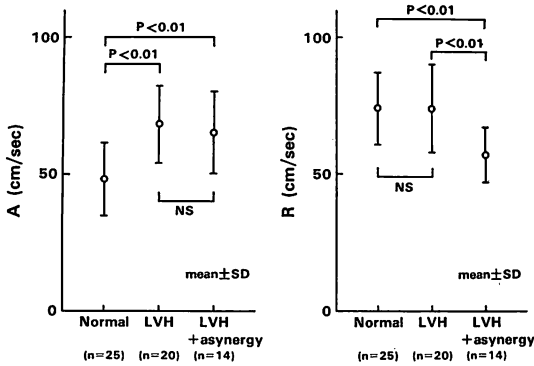


Fig. 7. The peak late filling velocity (A) and the peak early filling velocity (R) in normal, LVH, and LVH with asynergy.

LVH=left ventricular hypertrophy.

0.29 で, 正常群 0.66 ± 0.18 よりも有意に高値を示したが, 各疾患の間には有意差を認めなかった (Fig. 8).

慢性腎不全群, 虚血性心疾患群, 高血圧群について A 波率と A/R の相関をみると, Fig. 9 に示すような良好な正の相関を認めた.

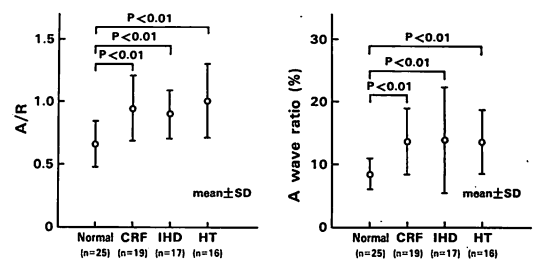


Fig. 8. Comparisons of the A/R ratio and the A wave ratio in normal, CRF, IHD, and HT.

CRF=chronic renal failure; IHD=ischemic heart disease; HT=hypertension.

考 按

ACG は触診の客観化と心音や左心室時相の同定, 心疾患の補助診断法として古くより親しまれている検査法であるが, 心機能の評価にも応用されている. 特に A 波率は, Dimond ら⁷⁾が狭心症患者において左室拡張末期圧と関連があることに注目して以来, 左室拡張動態を非観血的に評価する手段としてよく用いられている. Gibson ら¹⁾や Monolas ら²⁾は, A 波率が左室拡張期の stiffness ないし compliance とよく相関し, A 波率

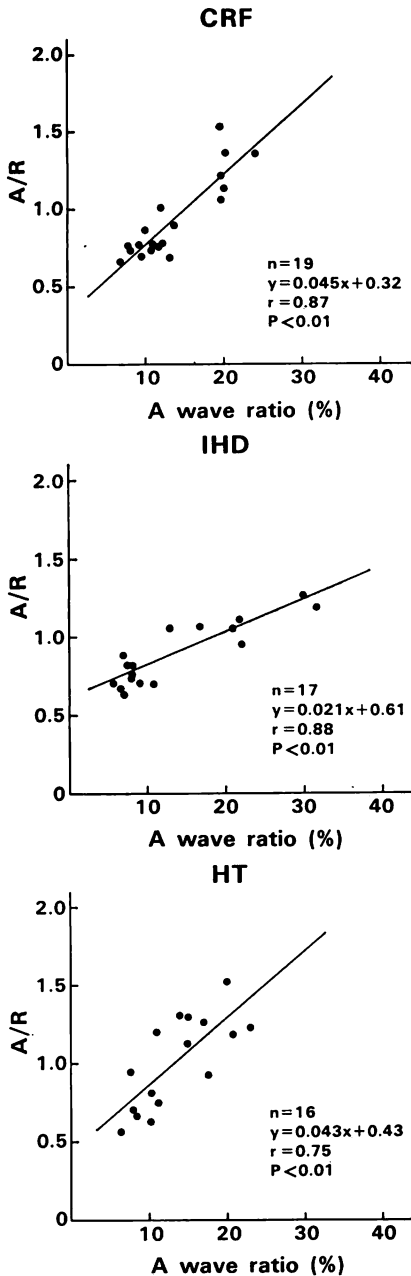


Fig. 9. Correlations between the A/R ratio and the A wave ratio in CRF, IHD, and HT. abbreviations: see Fig. 8.

により左室拡張能を定量的に評価し得ると報告している。一方、近年、左室拡張動態を検討する方法としてパルス・ドップラー法による左室流入血流計測が応用されるようになった。この方法は、非観血的で、かつ左室ジオメトリーの変化に伴う影響を受けない方法⁹⁾として注目され、多くの論文が発表されているが、ACG との比較を検討した報告はまだ少ない。本研究は、ACG の A 波率とパルス・ドップラー法によって得られた左室流入血流パターン各指標との関係を調べることを目的とし、その結果、A 波率と A/R の間に強い正相関があることを明らかにした。

最近、左室造影法や RI 法から求めた充満期の指標とパルス・ドップラー法から求めた充満期の指標が高い相関を示すという報告^{8,9)}や、パルス・ドップラー法の A/R がサンプルボリュームの場所や方向にあまり影響されないという報告¹⁰⁾があり、パルス・ドップラー法およびその A/R の妥当性、信頼性が示されている。ACG の真の性質に焦点を合わせた研究が皆無であり¹¹⁾、また最近では ACG に関して発表される論文が少ないので、本研究の結果は A 波率のパルス・ドップラー法による再評価という意味もある。

左室の拡張特性は種々の因子により影響を受ける。Grossman ら¹²⁾は、壁厚は左室の stiffness を決定する重要な因子であり、壁厚が厚いほど左室 stiffness が増大することを報告している。本研究の結果でも、LVH を有する 2 群は A 波率と A/R が正常群に比して高値を示し、拡張能障害の存在を示唆した。

LVH+asynergy 群の A 波率と A/R は、LVH 群より有意に高値であった。これには、LVH+asynergy 群の R が小さかったことが大きく影響しており、LVH+asynergy 群の方が LVH 群より拡張早期の急速流入障害が強かったためと考えられる。Hammermeister ら¹³⁾は、左室造影法より求めた拡張早期の peak positive dv/dt が、駆出期の指標である収縮期の peak negative dv/dt や一回心拍出量と正相関すると報告している。

Asynergy のある群では当然収縮能は障害されており, 彼らの報告と同様に拡張早期の充満動態と収縮動態との関連が示唆された.

虚血性心疾患群の A 波率と A/R は, 以前の報告で述べられているように^{3-5,14,15}, 正常群より有意に高値であった. 虚血性心疾患では左室の compliance が低下している¹⁶. Hood ら¹⁷)はイヌの急性心筋梗塞の実験から, 左室の compliance は冠動脈結紮後 5 日以内に低下してくるといふ. また, 心筋梗塞の既往がなく, 安静時左室壁運動の異常がなくても, 冠動脈に狭窄のある患者では安静時にすでに左室最大充満速度が低下しているという報告もある¹⁸.

高血圧群, 慢性腎不全群でも, A/R と A 波率の有意な上昇がみられた. 高血圧群では左室の肥大が重要な因子として働いていると思われる. また, 浜崎ら⁶)は, 高血圧患者では左室肥大のない例でも, すでに流入動態の障害が起こり得ることを示している. 慢性腎不全患者の心合併症には, 尿毒症性心筋病変¹⁹)や冠動脈硬化²⁰)などが報告されている. その心機能には高血圧, 水分貯留, 貧血などの障害因子が複雑に関与しており²¹), 当然これらは拡張動態に反映され得ると考えられる.

富永ら²²)は, A 波率は左室拡張末期圧と良好な正相関を示すが, パルス・ドップラー法の A/D (本研究の A/R と同義) は左室拡張末期圧が 20 mmHg 以上の例ではむしろ低値を示すといふ. しかし, このような例では拡張早期圧の上昇を伴っていることが多く, Voigt ら²³)は A 波率の上昇もみられないと報告しており, 見解が一致していない. 本研究では左室圧に関して検討していないので, 左室拡張末期圧との関係を明確にすることができなかった.

A 波率よりも ratio of the A wave amplitude to the total diastolic deflection (A/D ratio) の方が, Smith ら²⁴)の specific compliance とより強い相関を示したという報告²⁵)や, 新しい指標として diastolic amplitude time index (DATI) が有用であるという報告がある²⁵). また, A 波の幅,

特に A 波の起始部から頂点までの計測値 A-wave peak time が拡張型心筋症や虚血性心疾患で有意に延長したという報告もある²⁶). 今後はこれらの各指標についても検討が必要と思われる.

要 約

心尖拍動図の A 波率とパルス・ドップラー法により得られた各指標との関係を調べるため, 疾患群 68 例, 正常対照群 25 例で検討した.

A 波率は $(A/E-O) \times 100$ により算出し, 同時に得られたパルス・ドップラー心エコー図の左室流入血流パターンから, 拡張早期および心房収縮期最大流入速度 (R, A), A/R, 加速時間 (AT), 減速時間 (DT) を求め, 以下の結果を得た.

1. A 波率と A/R との間には, 良好な正の相関が認められた.

2. A 波率と A/R は, 左室肥大を有する群で有意に高値を示し, 肥大群のうちでは asynergy のある群の方が高値だった.

3. A 波率と A/R は, 虚血性心疾患, 慢性腎不全, 高血圧の各群で有意に高値を示した. また, 各疾患間には有意差がなかった.

以上より, A 波率はドップラー法の A/R と同様, 簡易な非観血的左室拡張能の指標として臨床的に用い得ると思われた.

文 献

- 1) Gibson TC, Madry R, Grossman W, McLaurin LP, Craige E: The A wave of apexcardiogram and left ventricular diastolic stiffness. *Circulation* **49**: 441, 1974
- 2) Manolas J, Krayenbuehl HP, Rutishauser W: Use of apexcardiography to evaluate left ventricular diastolic compliance in human beings. *Am J Cardiol* **43**: 939, 1979
- 3) Matsuo H, Kitabatake A, Asao M, Terao Y, Mishima M, Senda S, Shimazu T, Tanouchi J, Abe H: Noninvasive evaluation of diastolic properties of the left ventricle by pulsed Doppler flowmetry combined with real-time two-dimensional echocardiography. *J Cardiogr* **10**: 697, 1980 (in Japanese)
- 4) 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, 1982
- 5) 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, 1985
 - 6) 浜崎直也, 清水孝彦, 吉田保志, 中村 仁, 麻尾尚子, 岡村 篤, 堀中繁夫, 永島和幸, 吉原光恵, 玉野宏一, 平尾 修, 武井茂樹, 山本英雄, 八木 繁: 高血圧患者の左右両心室の流入動態の検討: 特に cold pressor test 時の反応. 第 32 回臨床心臓図学会学術集會予稿集: 70, 1986 (*J Cardiogr in preparation*)
 - 7) Dimond EG, Benchimol A: Correlation of intracardiac pressure and precordial movement in ischemic heart disease. *Br Heart J* **25**: 389, 1963
 - 8) Rokey R, Kuo LC, Zoghbi WA, Limacher MC, Quinones MA: Determination of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography: Comparison with Cineangiography. *Circulation* **71**: 543, 1985
 - 9) 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, 1986
 - 10) Gardin JM, Dabestani A, Takenaka K, Rohan MK, Knoll M, Russell D, Henry WL: Effect of imaging view and sample volume location on evaluation of mitral flow velocity by pulsed Doppler echocardiography. *Am J Cardiol* **57**: 1335, 1986
 - 11) Kesteloot H: Recent advances in apexcardiography. *J Cardiogr* **14** (Suppl V): 22, 1984
 - 12) Grossman W, McLaurin LP, Moos SP, Stefadouros M, Young DT: Wall thickness and diastolic properties of the left ventricle. *Circulation* **49**: 129, 1974
 - 13) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man: II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* **49**: 739, 1974
 - 14) Benchimol A, Dimond EG: The apex cardiogram in ischemic heart disease. *Br Heart J* **24**: 581, 1962
 - 15) Oilinki OI: The predictive value of mechanocardiographic measurements with respect to angina pectoris. *Ann Clin Res* **12**: 139, 1980
 - 16) Diamond G, Forrester JS: Effect of coronary artery disease and acute myocardial infarction on left ventricular compliance in man. *Circulation* **45**: 11, 1972
 - 17) Hood WB Jr, Bianco JA, Kumar R, Whiting RB: Experimental myocardial infarction. *J Clin Invest* **49**: 1316, 1970
 - 18) 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, 1981
 - 19) Drücke T, Pailleur C, Melilhac B, Koutoudis C, Zingraff J, Matteo JD, Crosnier J: Congestive cardiomyopathy in uremic patients on long term hemodialysis. *Br Med J* **1**: 350, 1977
 - 20) Linder A, Charra B, Sherrard DJ, Scribner BH: Accelerated atherosclerosis in prolonged maintenance hemodialysis. *N Engl J Med* **290**: 697, 1974
 - 21) Braunwald E, Gottlieb MN: Renal disorders and heart disease. *in Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 2nd ed, Philadelphia, WB Saunders, 1984, p 1753
 - 22) Tominaga T, Oki T, Asai M, Ishimoto T, Okushi H, Uchida T, Kawano T, Kawano K, Fukuda N, Mori H: Non-invasive assessment of left ventricular filling during atrial systole by pulsed Doppler echocardiography and apexcardiography. *Jpn J Med Ultrasonics* **13**: 315, 1986 (in Japanese)
 - 23) Voigt GC, Friesinger GC: The use of apexcardiography in the assessment of left ventricular diastolic pressure. *Circulation* **41**: 1015, 1970
 - 24) Smith M, Ratschin RA, Russel RO Jr, Rackley CE: Sequential changes in left ventricular specific compliance after acute myocardial infarction. *Circulation* **46** (Suppl II): II-223, 1972 (abstr)
 - 25) Manolas J, Rutishauser W: Diastolic amplitude time index: A new apexcardiographic index of left ventricular diastolic function in human being. *Am J Cardiol* **48**: 736, 1981
 - 26) Sawayama T, Kawai N, Fuseno H, Nezu S: Non-invasive assessment of left ventricular end-diastolic function: Usefulness of apexcardiographic A-wave peak time (a new parameter) in correlation with echocardiographic indices. *Kawasaki Med J* **8**: 63, 1982