

心エコー図による房室間血流からみた左房負荷の評価

Evaluation of the left atrial load from the atrio-ventricular flow by echocardiography

中野 佐上
 藤浪 隆夫
 中山 広一*
 林 勝彦*
 高田 和夫*
 近藤 純*
 岡本 光弘*
 岩瀬 敬紀*
 武内 俊彦*

Sagami NAKANO
 Takao FUJINAMI
 Koichi NAKAYAMA*
 Katsuhiko HAYASHI*
 Kazuo TAKADA*
 Jun KONDO*
 Mitsuhiro OKAMOTO*
 Takanori IWASE*
 Toshihiko TAKEUCHI*

Summary

Difference of left atrial load in patients with hypertension and ischemic heart disease was studied by atrioventricular hemodynamics obtained by echocardiography (UCG) and P loop of vectorcardiogram (VCG). Diastolic descent rate (DDR) and A/E wave ratio (A/E) of the anterior mitral valve, left atrial dimension, left ventricular dimension at rapid, slow filling and active atrial contraction phase, and mean diastolic posterior wall velocity (mDPWV) were estimated by echocardiogram on 35 patients with hypertension, 39 patients with ischemic heart disease and 55 healthy young adults. Left atrial conduction time from the P loop of the timed vectorcardiogram and the maximum left atrial volume by biplane angiogram were also estimated. Results obtained were as follow:

1) The left atrial volume (X) estimated by echocardiogram was correlated significantly with the left atrial volume (Y) measured from biplane angiogram, and its regression equation was $Y=7X-20$.

2) DDR was correlated with the atrioventricular filling fraction in rapid filling phase of the left ventricle and also mDPWV. Both DDR and mDPWV were apparently reduced in the patients with hypertension or ischemic heart disease as compared with that of the normal subjects. A/E wave ratio was correlated with the atrioventricular filling volume and fraction in the left atrial active contraction and also with the left atrial ejection fraction. A/E wave ratio of the patients was higher than that of

名古屋市立大学医学部 第三内科
 * 同 第一内科
 名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1 (〒467)

The Third and the *First Departments of Internal
 Medicine, Nagoya City University Medical School,
 Kawasumi 1, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, 467

Presented at the 15th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 15-16, 1977
 Received for publication November 14, 1977

normal subjects. In the hypertensive patients with normal left atrial size had most increased A/E wave ratio, atrial filling volume, atrial filling fraction and atrial ejection fraction.

3) The left atrial conduction time was apparently prolonged in both of the patients with hypertensive and ischemic heart disease. The conduction time in ischemic heart disease was correlated with the left atrial dimension, while that was correlated with A/E wave ratio and the left atrial ejection fraction in hypertension.

Key words

Diastolic descent rate (DDR)	A/E wave ratio	Left atrial load	P loop (VCG)
Atrioventricular flow	Active atrial contraction		

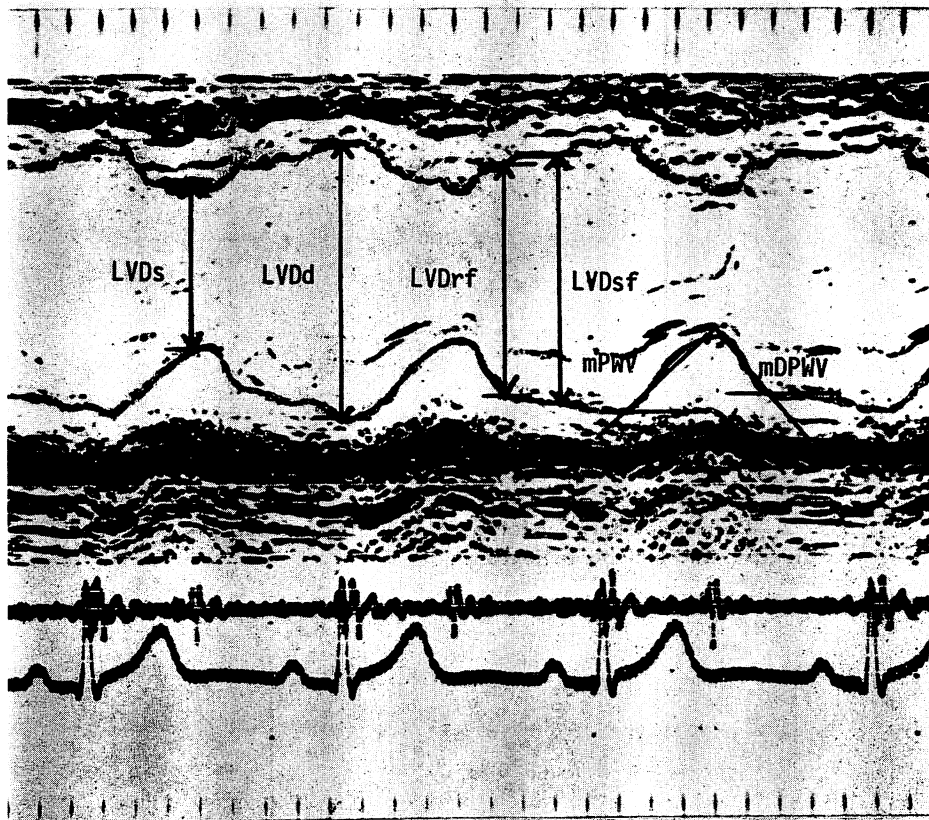
はじめに

左心房は左心室に対し elastic reservoir および booster pump としての役割をなしており, 左心室機能の前負荷として重要である. 私達はすでに timed VCG-P 環と心エコー図 (UCG) を用いて高血圧症, 虚血性心疾患ではいずれも左心房内興奮伝導時間が健常者に比べ有意に延長しており, 虚血性心疾患の伝導時間延長は左房容積の増大と関連し, 高血圧症では左房能動収縮の充進に基づくであろうと考えられる結果を報告した¹⁾. 今回は僧帽弁前尖の弁後退速度 (以下 DDR) や A:E 波高比 (以下 A/E) が房室間血行動態や左房能動収縮をどの程度反映しているかを左室各時相の容積分画, および左房駆出率を求めて検討するとともに, 高血圧症と虚血性心疾患における左房負荷の差異を検討した.

対象および方法

当院外来通院中で, 収縮期血圧 160 mmHg 以上, 拡張期血圧 95 mmHg 以上のいずれか一方, または両方を示す 25~70 歳 (平均 48 歳) の高血圧症例 (以下 HT) 35 例, 狭心痛の既往があり, 安静時または運動負荷時の心電図に虚血性変化を認める 25~75 歳 (平均 50.5 歳) の非梗塞性虚血性疾患例 (以下 IHD) 39 例で, いずれも心機能分類 I~II 度のものを選んだ. 一方心疾患がなく, 心電図上にも異常を認めない 20~57 歳 (平均 30 歳) の健常例 (以下 NOR) 55 例を対照とした.

UCG は 2.25 MHz, 直径 1.2 cm の平面探触子を用い, 東芝製 Sonocardiograph SSL-51U および oscillopaper recorder OR 01 A に連結し, 心電図 II 誘導および心音図とともに毎秒 50 mm の paper speed で記録した. 僧帽弁前尖エコーより DDR, A/E を, Hirata ら²⁾の方法で左房径 (以下 LAD) を測定した. 僧帽弁エコーの一部をとらえ, 心室中隔と左室後壁の心内膜エコーが同時に記録できる部位を選び, 心電図 R 波部で左室拡張末期径 LVDd, 心音図 IIA 音部で左室収縮末期径 LVDs, 心音図 III 音部, あるいは左室後壁エコーが急速後退したのち緩速流入期に移行する変曲点で急速に流入末期左室径 LVDrf, さらに心電図 P 波にほぼ一致して左室後壁エコーが左房収縮により再度後方に向い始める変曲点で緩速流入末期左室径 LVDsf を測定した (Fig. 1). また左室後壁の収縮期, 拡張早期エコーより平均左室後壁速度 mPWV, 平均左室後壁拡張速度 mDPWV を算出した. 各時相での左室容積を Pombo 法³⁾に準じ, Teichholz の式⁴⁾で補正して求め, 左室駆出量 LVSV に及ぼす各時相の房室間血流量分画を Fig. 1 に示す式で求めた. Biplane の左房造影より Dodge の方法⁵⁾で求めた最大左房容積と LAD⁶⁾の間に $r=0.80$ の正相関を認めたことにより (Fig. 2), その回帰式 $Y=7X-20$ を用いて左房容積を算出し, 左房能動収縮に基づく房室間血流量 atrial filling volume (以下 AFV) を除して左房駆出率 (以下 AEF) を求めた (Fig. 1). また左房の興奮伝導時間は Frank 法ベクトル心電



$$LVSV = LVdD^3 - LVdS^3$$

$$\text{Rapid Filling Fraction (RFF)} = \frac{LVDrf^3 - LVdS^3}{LVSV}$$

$$\text{Slow Filling Fraction (SFF)} = \frac{LVdsf^3 - LVDrf^3}{LVSV}$$

$$\text{Atrial Filling Fraction (AFF)} = \frac{LVdD^3 - LVdsf^3}{LVSV}$$

$$\text{Atrial Filling Volume (AFV)} = LVdD^3 - LVdsf^3$$

$$\text{Atrial Volume} = 7 \times LAD^3 - 20$$

$$\text{Atrial Ejection Fraction} = \frac{\text{Atrial Filling Volume}}{\text{Atrial Volume}}$$

Fig. 1. Method to measure of left ventricular dimension and calculation formular of the atrioventricular filling fraction in diastolic phase, the left atrial filling volume and the left atrial ejection fraction.

図の timed-P 環より求めた^{1,6)}.

結 果

DDR と急速流入期房室間血流量分画 rapid filling fraction (以下 RFF) を対比してみると、

r=0.70 の正相関を示し、DDR が急速流入期の房室間血流量をよく表現していることがわかる。

DDR=70 mm/sec で 2 群に分けてみると、DDR ≥70 mm/sec のものには NOR 例が多く、RFF は 66.8±7.5% であり、DDR<70 mm/sec のも

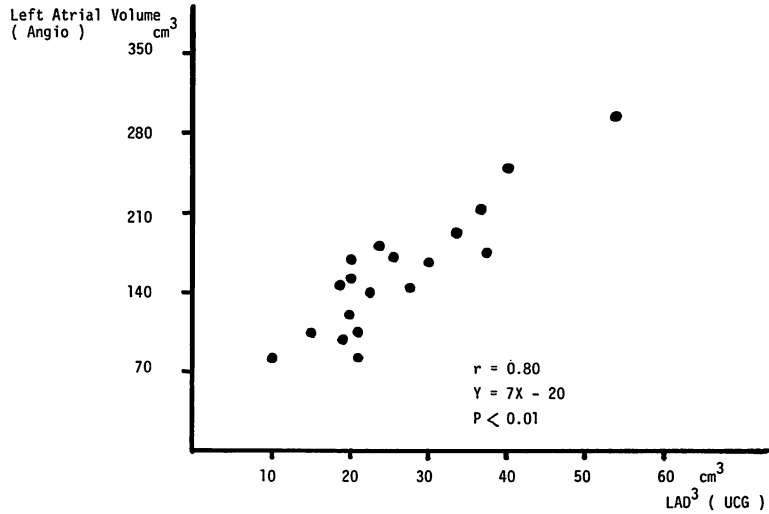


Fig. 2. Correlation between left atrial volumes estimated with echocardiogram and biplane angiogram.

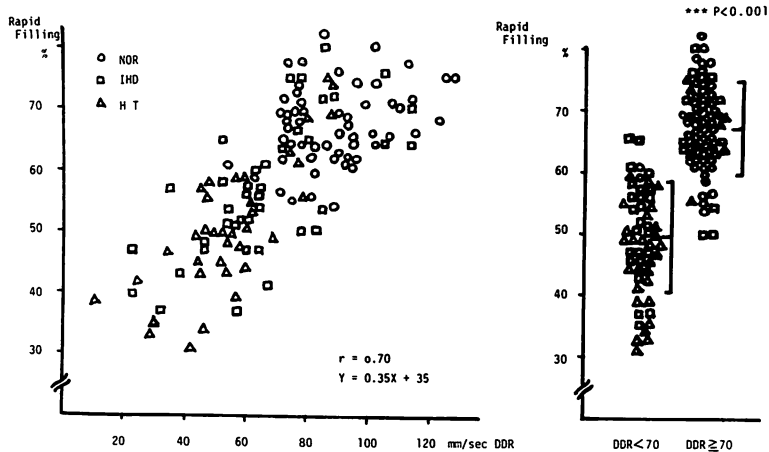


Fig. 3. Relation of the diastolic descent rate and the atrioventricular filling fraction in rapid filling phase of the left ventricle.

Majority of the subjects with slow DDR under 70 mm/sec are composed from the patients with ischemic heart disease or hypertension.

には IHD, HT 例が多く RFF も $49.4 \pm 9.0\%$ で, DDR は 70 mm/sec 以上が正常とする妥当性を再確認した (Fig. 3). また, DDR は mDPWV との間に $r=0.35$ と弱い正相関を示し, mDPWV が左室拡張期 compliance の指標と考えれば DDR の減少は compliance の低下による房室流

入抵抗の増大を示す結果と考える. A/E と左房能動収縮に基づく房室間血流量分画 atrial filling fraction (以下 AFF) を対比してみると, A/E の亢進したものに AFF が高いことを示し, $r=0.76$ と有意な正相関を認めた. A/E を 0.7 で 2 群に分けると, $A/E \leq 0.7$ のものの AFF は $23.9 \pm 5.1\%$ で

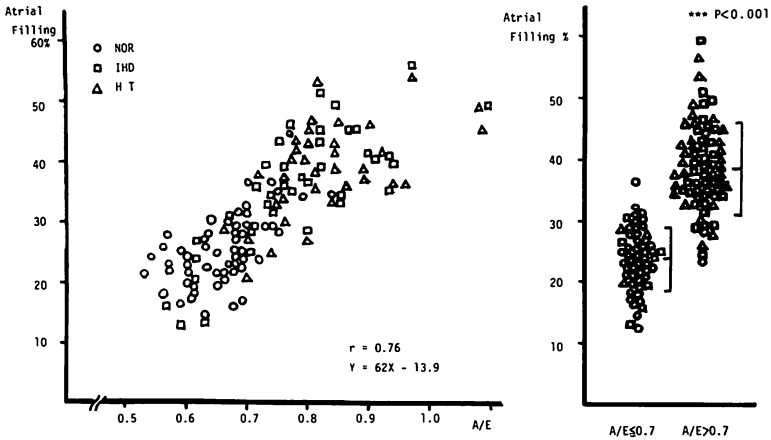


Fig. 4. Relation of A/E wave ratio and the atrioventricular filling fraction in the left atrial active contraction.

The subjects with high A/E wave ratio over 0.7 are consisted with most of the patients with ischemic heart disease or hypertension.

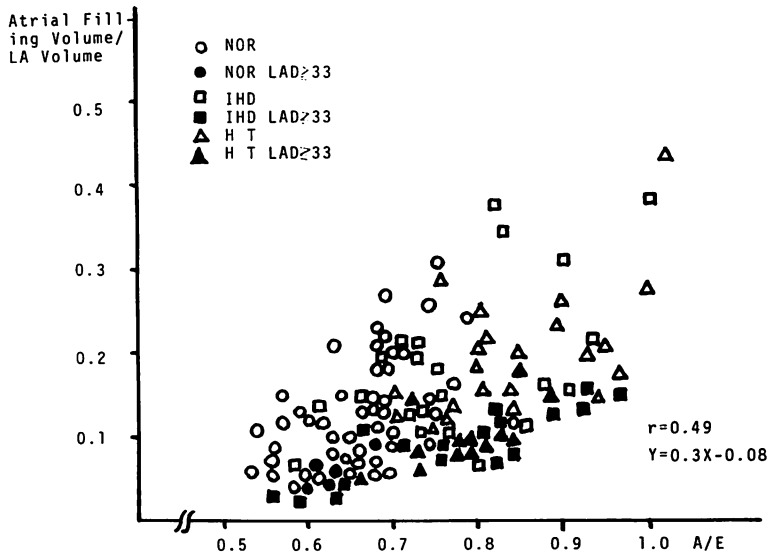


Fig. 5. Relation of A/E wave ratio and the left atrial ejection fraction.

NOR 例の占める割合が多く、 $A/E < 0.7$ のものの AFF は $38.6 \pm 7.5\%$ で IHD, HT 例が大半を占めた (Fig. 4). A/E と左房駆出率 AEF を対比してみると、LAD の大小で二分される傾向があるが $r=0.49$ の正相関を示し、A/E が AEF にも

影響されることを認めた (Fig. 5). 疾患群の房室間血行を NOR と比較してみると IHD, HT ともに RFF の有意な減少と AFF の増大を認め HT でその傾向が一層強かった. AFV も IHD, HT で多く、NOR との間に $P < 0.01$ の有意差を示し

Table 1. Comparison of the atrioventricular filling fraction in the diastolic phases of the left ventricle, the atrial filling volume and the left atrial ejection fraction in the normal subjects and the patients with ischemic heart disease or hypertension

	Rapid filling fraction %	Slow filling fraction %	Atrial filling fraction %	Atrial filling volume ml	Atrial ejection fraction
Normal n=56	66.7±7.0	7.7±4.4	25.6±5.9	16.7±5.0	0.15±0.11
IHD n=39	56.6±12.0 ***	8.7±4.1	34.7±10.2 ***	27.0±10.5 ***	0.14±0.09
Hypertension (HT) n=35	51.2±11.1 ***	10.3±6.7 *	38.5±7.7 ***	29.7±7.7 ***	0.17±0.11 *
IHD LAD<33 n=22	60.0±10.6	9.5±8.4	34.3±7.7	27.2±9.5	0.19±0.09
IHD LAD≥33 n=17					0.08±0.03 ***
HT LAD<33 n=22	49.6±11.5	11.1±7.3	39.3±10.7 *	32.8±8.6 *	0.22±0.10
HT LAD≥33 n=13					0.10±0.04 ***

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

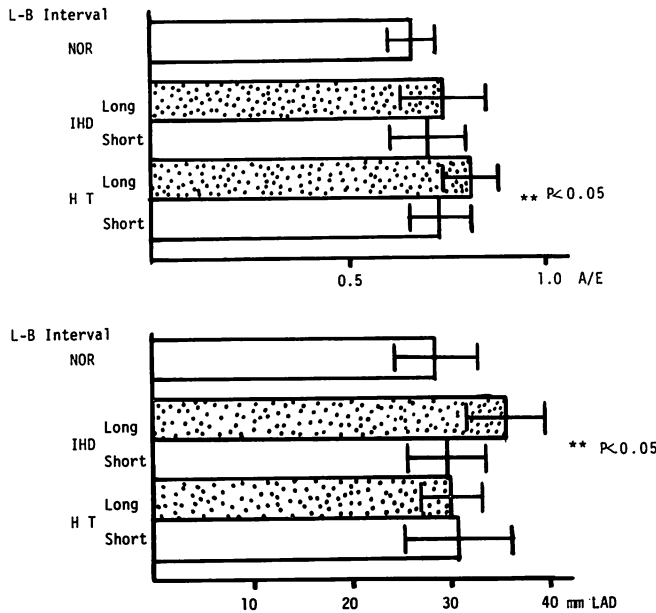


Fig. 6. Relationship between left atrial conduction time (L-B interval) and A/E ratio or left atrial volume (LAD) in patients with hypertension or ischemic heart disease.

た. AEF は HT にやや高い傾向をみたが各群間の有意差はなかった (Table 1). つぎに NOR の LAD 値の mean±I.S.D. が 32.7 mm であったことより, 疾患群を LAD≥33 mm の L 群と,

LAD<33 mm の S 群に分けて比較した. RFF は IHD の L 群が S 群に比較して少なく, HT ではむしろ S 群が L 群に比べ, より少ない傾向を示した. AFF, AFV は IHD では S, L 群間に

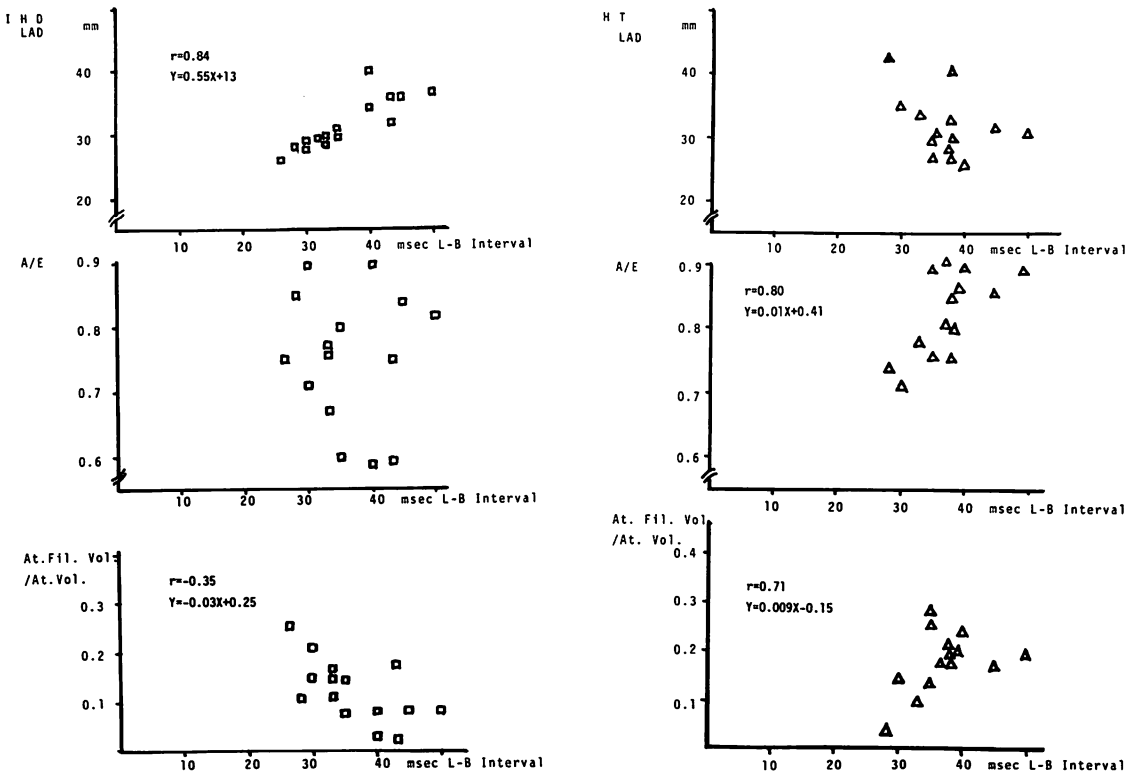


Fig. 7. Relation of the left atrial conduction time (L-B Interval) and the left atrial dimension, A/E wave ratio and the left atrial ejection fraction in the patients with ischemic heart disease (7A) and hypertension (7B).

はなかったが、HT の S 群で著明な増加傾向を認めた。AEF は IHD, HT とともに S 群で明らかに亢進しており、ともに L 群との間に $P < 0.01$ の有意差を示した (Table 1)。Timed VCG-P 環より求めた左房内興奮伝導時間 (L-B interval, Fig. 6, 7A, B) を延長した群と正常範囲群に分け、各疾患群の A/E, LAD を比較してみると、HT における伝導時間延長は A/E の亢進が、IHD における延長は LAD の増大が関与しているように思われる (Fig. 6)。そこで IHD, HT における左房内興奮伝導時間と LAD, A/E および AEF との関係に対比してみたところ、IHD における左房内興奮伝導時間延長は LAD の増大と正相関し、AEF とはむしろ逆相関する傾向を示した (Fig. 7A)。ところが、HT の伝導時間延長は、A/E の亢進、

AEF の増加と正相関し、左房の能動収縮期圧負荷に由来することを示唆する所見を得た (Fig. 7B)。

考 察

Hirata ら²⁾、ten Cate ら⁷⁾ は、第 I 斜位での左房造影より得られた左房径、左房面積と UCG の LAD に有意な相関のあることを報告しており、私達も biplane での左房造影より Dodge の方法⁵⁾で測定した最大左房容積と UCG の LAD³⁾の間に $r=0.80$ の正相関を認めた。そこでこの回帰式 $Y=7X-20$ に LAD を代入して左房容積を推測した。また Pombo の式³⁾を Teichholz の式⁴⁾で補正し、左室各時相での房室間血流量、血流量分画および左房駆出率を求めた。UCG より得た LAD が左房能動収縮直前のものでないこと、UCG で求

めた容量の絶対値が Angio 上のそれとは 1:1 でないこと、一方向 beam で求めた LVDrf が真の左室急速流入末期のものではない可能性がある^{8,9)} こと等, UCG の宿命的な問題点は残るが心室各時相の房室間血流量分画とか左房の収縮性の指標としてとらえれば, 短絡, 逆流等のない症例では大きな誤差はないものとする。DDR と RFF, mDPWV には $r=0.70$, $r=0.35$ の正相関を認め, NOR の RFF は $67 \pm 7\%$ で山口, 町井ら¹⁰⁾ の報告値とほぼ一致した。De Maria ら¹¹⁾ は DDR と左室拡張早期充満期の房室血流量は正相関し, 左室肥大や冠不全等での拡張期 compliance の低下は DDR の減少として現われると報告しており, 私達も同様の結果を得た。なお, mDPWV は左室径の大小にも影響されるように思われるが, 左室拡張期 compliance の一指標になりえると考えられ, 今後検討を加えたい。NOR の AFF は $25 \pm 6\%$ で諸家の報告¹²⁻¹⁴⁾ とほぼ一致した。Rahimtoola ら¹²⁾ は虚血性心疾患例での左房収縮に基づく房室間血流量は左室駆出量の平均 35.1% を占め, cardiac index の小さなものでは 56% にも達したことを述べ, また Grant ら¹⁴⁾ は, LVH のあるものは左房の仕事量の多いことを報告しており, 今回の私達の成績も同様の傾向を示した。Brawnwald ら¹⁵⁾ は, 健常者では左室拡張末期圧 LVEDP と平均左房圧 mLAP の差は 0.2 mmHg にすぎないのに対し, 左室機能障害のあるものうち, mLAP が低い level に保たれているものではその差が 9 mmHg にも達し, 左房の収縮性が高いが, mLAP が上昇したものでは左房の収縮性が減じ心不全をおこすに至ったことを述べている。一方, Morris ら¹⁶⁾ の言う PV_1 terminal force の増大が UCG の LAD や Angio 上の左房容積, 平均肺動脈楔入圧と明確な相関を示さないという報告¹⁷⁻¹⁹⁾ があり, 左房内興奮伝導時間の延長は必ずしも左房容積, 平均左房圧と並行しないことを示している。timed VCG-P 環で測定した左房内興奮伝導時間の延長は何らかの左房負荷を表現しているものと思われ, IHD では左房容積と,

HT では AFV および AEF すなわち左房の平均圧でなく, むしろ能動収縮圧との関連性が強いと考える。IHD と HT の両者には病変の overlap している面があり, 血行動態を clear cut に分類することはできないが, 両者における左室拡張期 compliance の質的な差²⁰⁾ に対する左房の反応様式の差, 左房自体の compliance の差が左房内興奮伝導時間, LAD, DDR, A/E に表現されているものと思われ, これらの測定により房室間血行動態, 左房の負荷様式, 左室拡張期 compliance をかなりの確に把握できるものとする。

要 約

高血圧症, 虚血性心疾患における左房負荷の差異を房室間血行動態の変化から見る目的で, UCG, timed VCG-P 環, 左房造影を用い, 僧帽弁前尖の動き, 拡張期左室径の変化, 左房容積および左房内興奮伝導時間を検討して下記のごとき結果を得た。

1. 二方向アンギオグラフィーより求めた左房容積と UCG の左房径より求めた左房容積は良い相関を示し, その回帰式は $Y=7X-20$ であった。
2. 僧帽弁前尖弁後退速度は左室急速流入期房室間血流量分画, 平均左室後壁拡張速度と良い相関を認め, 虚血性心疾患, 高血圧症はともに健常者に比べ有意に低値であった。また, 僧帽弁 A:E 波高比は左房の能動収縮に基づく房室間血流量およびその分画, 左房駆出率と有意の相関を示し, 虚血性心疾患, 高血圧症はともに大であったが, 左房拡大のまだ存在しない高血圧症例で著しく大であった。
3. timed VCG-P 環の左房内興奮伝導時間は両疾患群とも延長を認めたが, 虚血性心疾患群では左房容積と, 高血圧症では A:E 波高比, 左房駆出率との相関を示した。

文 献

- 1) 中野佐上, 藤浪隆夫, 中山広一, 林 勝彦, 高田和夫, 近藤 純, 岩瀬敬紀, 武内俊彦: UCG および

- VCG-P環による左房負荷の評価。第14回臨床心音図研究会発表。J Cardiography 7(3): in press
- 2) Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. Amer Heart J 78: 43-52, 1969
 - 3) Pombo JF, Troy BL, Russell RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circulation 43: 480-490, 1971
 - 4) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Amer J Cardiol 37: 7-11, 1976
 - 5) Sauter HJ, Dodge HT, Johnston RR, Graham TP: The relationship of left atrial pressure and volume in patients with heart disease. Amer Heart J 67: 635-642, 1964
 - 6) 近藤 純, 藤浪隆夫, 中野佐上, 中山広一, 佐久間長彦, 高田和夫, 横井順一, 岡本光弘, 武内俊彦, 高羽祥三, 岸田捷美, 高阪好充: 心房内刺激伝導時間と左心房容積の検討—Timed vectorcardiogramによるP環の研究。第41回日本循環器学会総会, 1977
 - 7) ten Cate FJ, Kloster FJ: Dimension and volume of left atrium and ventricle determined by single beam echocardiography. Brit Heart J 36: 737-746, 1974
 - 8) Prewitt T, Gibson D, Brown D, Sutton G: The "rapid filling wave" of the apex cardiogram. Its relation to echocardiographic and angiographic measurements of ventricular filling. Brit Heart J 37: 1256-1262, 1975
 - 9) Venco A, Gibson DG, Brown DJ: Relation between apexcardiogram and changes in left ventricular pressure and dimension. Brit Heart J 39: 117-125, 1977
 - 10) 山口 徹, 松田光生, 斉藤忠徳, 松崎 中, 梅田 徹, 尾本良三, 古田昭一, 町田 潔: UCGによる左室拡張期動態の解析: 左室容積負荷。臨床心音図 4: 581-590, 1974
 - 11) De Maria AN, Miller RR, Amsterdam EA: Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram: Relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance. Amer J Cardiol 37: 693-700, 1976
 - 12) Rahimtoola SH, Ehsani A, Sinnon MZ, Loeb HS, Osen KM, Gunnar RM: Left atrial transport function in myocardial infarction. Importance of its booster pump function. Amer J Med 59: 686-694, 1975
 - 13) Nalon SP, Dixon SH, Fisher RD, Morrow AG: The influence of atrial contraction and mitral valve mechanics on ventricular filling. A study of instantaneous mitral valve flow in vivo. Amer Heart J 77: 784-791, 1969
 - 14) Grant C, Bunnell IL, Greene DG: The reservoir function of the left atrium during ventricular systole. An angiocardiographic study of atrial stroke volume and work. Amer J Med 37: 36-43, 1964
 - 15) Brawnwald E, Brockenbrough EC, Frahm CJ, Ross J Jr: Left atrial and left ventricular pressures in subjects without cardiovascular disease. Observation in eighteen patients studied by transeptal left heart catheterization. Circulation 24: 267-269, 1961
 - 16) Morris JJ, Estes EH, Whalen RE, McIntosh HD: P wave analysis in valvular heart disease. Circulation 29: 242-246, 1964
 - 17) Waggoner AD, Adyanthaya AV, Quinones MA, Alexander JK: Left atrial enlargement. Echocardiographic assessment of electrocardiographic criteria. Circulation 54: 553-557, 1976
 - 18) Josephson ME, Kaster JA, Morganroth J: Electrocardiographic left atrial enlargement. Electrocardiographic, echocardiographic and hemodynamic correlates. Amer J Cardiol 39: 967-971, 1977
 - 19) Orland J, Vicario MD, Aronow WS, Cassidy J: Correlation of mean pulmonary artery wedge pressure, left atrial dimension and PTF-V1 in patients with acute myocardial infarction. Circulation 55: 750-752, 1977
 - 20) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA, Alexander JK: Left ventricular compliance. Mechanisms and clinical implication. Amer J Cardiol 38: 645-653, 1976