

高血圧症における左室壁動態の検討

Left ventricular wall dynamics in patients with systemic arterial hypertension

古川 啓三
 勝目 紘
 唐原 優
 渡辺 俊光
 松久保晴生
 井上 大介
 鳥居 幸雄
 坂中 勝*
 国重 宏*
 伊地知浜夫

Keizo FURUKAWA
 Hiroshi KATSUME
 Masaru TOHARA
 Toshimitsu WATANABE
 Haruo MATSUKUBO
 Daisuke INOUE
 Yukio TORII
 Masaru SAKANAKA*
 Hiroshi KUNISHIGE*
 Hamao IJICHI

Summary

We used echocardiography to assess the increase of left ventricular wall thickness and left ventricular wall performance in patients with systemic arterial hypertension. Patients without electrocardiographic left ventricular hypertrophy (LVH) had normal wall thickness and normal left ventricular wall performance. In patients with LVH, both posterior wall and interventricular septal wall thickness increased, and interventricular septal wall thickness showed a tendency to be greater than posterior wall thickness. Regional wall performance (systolic % wall thickening and excursion) of the interventricular septum was significantly impaired in patients with LVH. Posterior wall performance was either preserved or increased in those patients. When congestive heart failure developed, these indices of wall performance, except for posterior wall excursion, were all depressed. Mean VCF and shortening fraction were maintained in patients with and without LVH, and depressed only in patients with congestive heart failure. These findings suggested that there is the disproportional increase of left ventricular wall thickness and depressed regional wall performance of the interventricular septum in hypertensive patients with electrocardiographic left ventricular hypertrophy, in spite of normal mean VCF and shortening fraction.

Key words

Systemic arterial hypertension Left ventricular hypertrophy % wall thickening Wall excursion

京都府立医科大学 第二内科
 京都市上京区河原町広小路梶井町 465 (〒602)
 *松下電器健保組合松下病院
 守口市日吉町 2-16 (〒570)

The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kawaramachi-Hirokoji, Kamikyo-ku, Kyoto 602, and *Matsushita Hospital

Presented at the 17th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Sendai, October 20-21, 1978
 Received for publication December 18, 1978

はじめに

高血圧性心疾患における心肥大は、その慢性圧負荷状態に対する適応現象とされている¹⁾。他方このような慢性圧負荷状態における肥大心の左心機能は、とくにその収縮期機能については比較的末期まで正常に維持されるという報告²⁻⁴⁾、あるいは早期より低下するとの説⁵⁻⁷⁾があり、一定の見解が得られていないのが現状である。またこの疾患の性質上、観血的検査法が困難であり、詳細な検討ができないという点が、今日までその結論がでない原因ともなっている。

超音波心臓検査法 (以下 UCG) の発展は非観血的に心周期における心臓内構造物の動きを直接観察可能とし、心機能評価にも利用されている⁸⁻¹⁰⁾。この UCG 法を用いた高血圧性心疾患の検討も行われているが^{11,12)}、今回我々は高血圧症患者における心肥大の進展、およびそれに伴う収縮期左室壁動態を UCG を用い検討し、また局所の壁動態と左室全体としての収縮能との関連について報告する。

対象と方法

対象は臨床上明らかな心疾患のない正常血圧者 8 例、および本態性高血圧症患者 38 例である。高血圧症患者を **Table 1** に示すように Romhilt and Estes¹³⁾ の心電図上の左室肥大判定規準により、左室非肥大群 22 例、左室肥大群 16 例に分類した。さらに左室肥大群を心不全を合併しない群 12 例と、合併群 4 例に分類した。年齢は左室肥大

群で高齢化を示したが、心拍数には 4 群間で有意差を認めなかった。なお心室中隔の異常運動を示すと考えられる疾患、すなわち右室容量負荷疾患、心筋梗塞、狭心症、伝導障害、肺疾患等を有する者は対象より除外した。

方法は Smith-Kline 製 Ekoline-20A を用い、仰臥位または左側臥位で第 3 ないし第 4 肋間胸骨左縁よりビームを投入し、僧帽弁の一部をとらえる方向で心室中隔、左室後壁を明瞭に記録できる方向を左室 UCG とし、心電図、心音図、頸動脈波とともに紙送り速度毎秒 10 cm で Electronics for Medicine 製連続記録器にて記録した。また壁厚を明確に把握するために gain を 3~4 段階に調整した (**Fig. 1**)。

これらの記録より、心電図 R 波の頂点で拡張終期の左室内径 (Dd)、心室中隔厚 (IVSTd)、左室後壁厚 (PWTd) を、II 音直前で収縮終期の左室内径 (Ds)、心室中隔厚 (IVSTs)、左室後壁厚 (PWTs) を計測した。また心室中隔、左室後壁の収縮期振幅をそれぞれ IVSE、PWE として計測した (**Fig. 1**)。なお各計測値は 5 心拍の平均値とした。つぎにこれらの計測値より、両左室壁の収縮期における壁厚増加率 (% thickening) を $(Ts-Td)/Td$ とし算出し % 表示した。左室内径の shortening fraction を $(Dd-Ds)/Dd$ とし、頸動脈波より左室駆出時間 (ET) を求め mean VCF を $(Dd-Ds)/Dd \cdot ET$ とし算出した。

結 果

各計測値と算出項目の平均値、ならびにその標

Table 1. Clinical characteristics of subjects (mean and range)

	Normotensive subjects	Hypertensive patients		
		LVH (-)	LVH (+)	LVH+CHF
Number	8	22	12	4
Sex ratio (M:F)	4:4	13:9	9:3	3:1
Age (yr)	45 (28-77)	50 (27-69)	58 (42-68)*	73 (72-76)*
Heart rate (beats/min)	68 (57-85)	65 (50-76)	69 (54-89)	60 (45-82)

LVH=left ventricular hypertrophy; CHF=congestive heart failure.

*: p<0.05

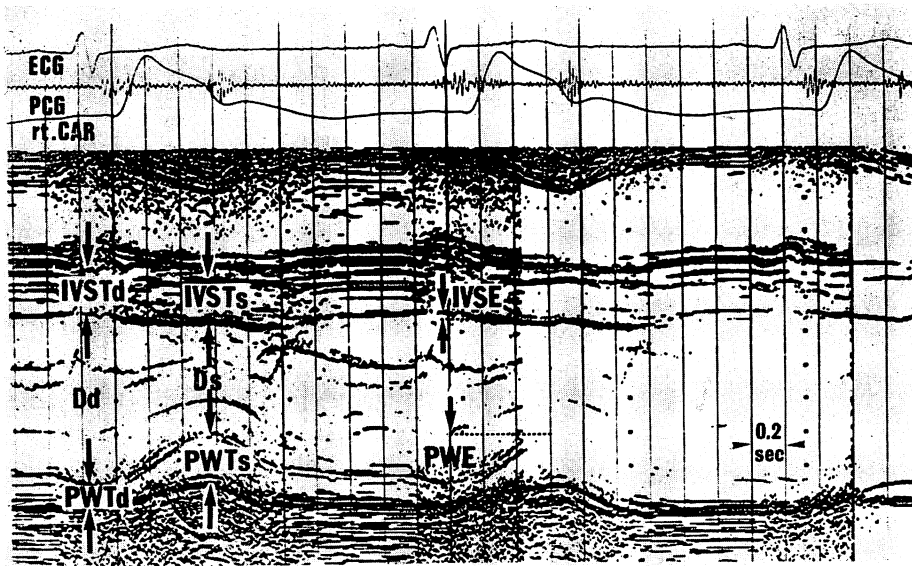


Fig. 1. Simultaneous recording of electrocardiogram (ECG), phonocardiogram (PCG), carotid pulse wave (rt. Car) and left ventricular echocardiogram (hypertension; M. M., 58 yr., male).

Dd; end-diastolic dimension; IVSTd=end-diastolic interventricular septal thickness; PWTd=end-diastolic posterior wall thickness; Ds=end-systolic dimension; IVSTs=end-systolic interventricular septal thickness; PWTs=end-systolic posterior wall thickness; IVSE=interventricular septal excursion; PWE=posterior wall excursion.

Table 2. Echocardiographic data (mean ± standard deviation)

		Normotensive subjects	Hypertensive patients		
			LVH (-)	LVH (+)	LVH+CHF
LV dimension	(cm)				
end-diastole		4.4 ± 0.2	4.6 ± 0.4	4.5 ± 0.5	5.2 ± 0.8
end-systole		2.8 ± 0.2	2.7 ± 0.4	3.0 ± 0.3	4.1 ± 0.8**
IVS thickness	(cm)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.2	1.3 ± 0.2**	1.4 ± 0.3**
PW thickness	(cm)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1**	1.3 ± 0.3**
IVS/PW thickness ratio		0.97 ± 0.11	1.03 ± 0.11	1.31 ± 0.24**	1.12 ± 0.05*
Wall excursion	(cm)				
IVS		0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.2	0.4 ± 0.1**	0.3 ± 0.2**
PW		1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.2*	1.4 ± 0.2*	1.2 ± 0.1
% thickening of LV wall	(%)				
IVS		34.1 ± 8.4	38.0 ± 12.0	7.8 ± 5.2**	5.6 ± 5.8**
PW		74.2 ± 17.9	70.7 ± 6.2	59.2 ± 14.9	40.9 ± 11.7*
Shortening fraction	(%)	37.1 ± 4.5	41.6 ± 5.3	34.6 ± 4.8	22.2 ± 6.0**
Mean VCF	(circ/sec)	1.34 ± 0.20	1.43 ± 0.20	1.25 ± 0.20	0.81 ± 0.18**

IVS=interventricular septum; PW=posterior wall; LV=left ventricle.

*: p<0.05, **: p<0.01

準偏差を Table 2 に示す.

左室拡張終期径は心不全合併群でやや大なる傾向を示し, また収縮終期径はこの群で有意に大なる値を示したが ($p < 0.01$), 他の2群と対照群には有意差を認めなかった. 拡張終期における心室中隔ならびに左室後壁厚は, 左室非肥大群は対照群と有意差を示さなかったが, 左室肥大群では両壁厚とも有意な増加を認めた (Fig. 2, $p < 0.01$). また心室中隔厚の増加は左室後壁のそれより大で, 左室肥大群 16 例中 5 例が心室中隔・左室後壁厚比 1.3 以上を示した. しかしこの比が 1.5 を越える症例は存在しなかった.

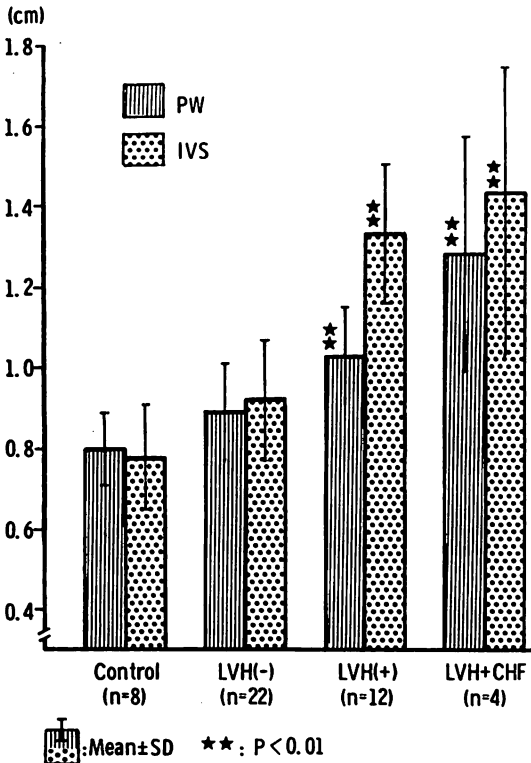


Fig. 2. Left ventricular wall thickness.

Wall thickness, both interventricular septum (IVS) and posterior wall (PW), is significantly increased in patients with left ventricular hypertrophy (LVH) ($p < 0.01$). IVS thickness shows a tendency to be greater than PW thickness.

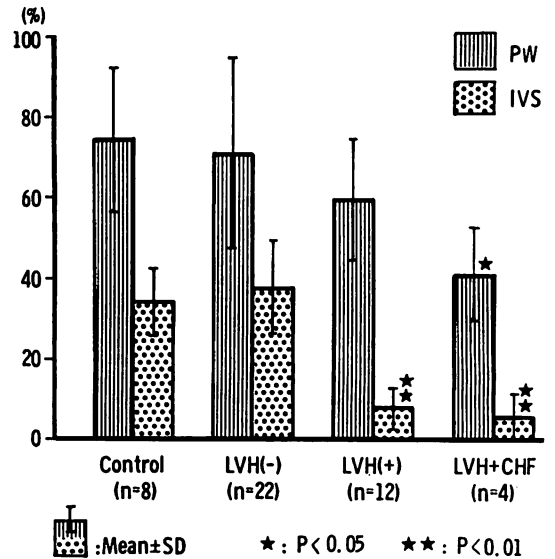


Fig. 3. Per cent thickening of left ventricular wall.

Per cent thickening of the interventricular septum (IVS) is significantly depressed in patients with left ventricular hypertrophy (LVH) ($p < 0.01$). This index of the posterior wall (PW) lowers only in patients with progressive congestive heart failure ($p < 0.05$).

つぎに両左室壁の収縮期 % thickening を検討してみると, 心室中隔は左室肥大群で有意の低下を示した (Fig. 3, $p < 0.01$). 他方, 左室後壁のそれは左室肥大に心不全を合併した群でのみ有意の低値を示した ($p < 0.05$). これらの収縮期壁厚 % thickening と壁厚との関係を Fig. 4, 5 に示した. 壁厚とその収縮期 % thickening は心室中隔, 左室後壁ともに負の直線相関を示した ($r = -0.78$, $r = -0.59$).

収縮期壁振幅については, 心室中隔のそれは左室肥大群で有意の低下を示したが (Fig. 6, $p < 0.01$), 左室後壁の壁振幅は左室非肥大群, 心不全を合併しない左室肥大群は逆に対照群に比較して有意の増加を認めた ($p < 0.05$). また心室中隔の壁厚と壁振幅は負の直線相関を示したが (Fig. 7, $r = -0.68$), 左室後壁には両者に明らかな関係が認められなかった (Fig. 8).

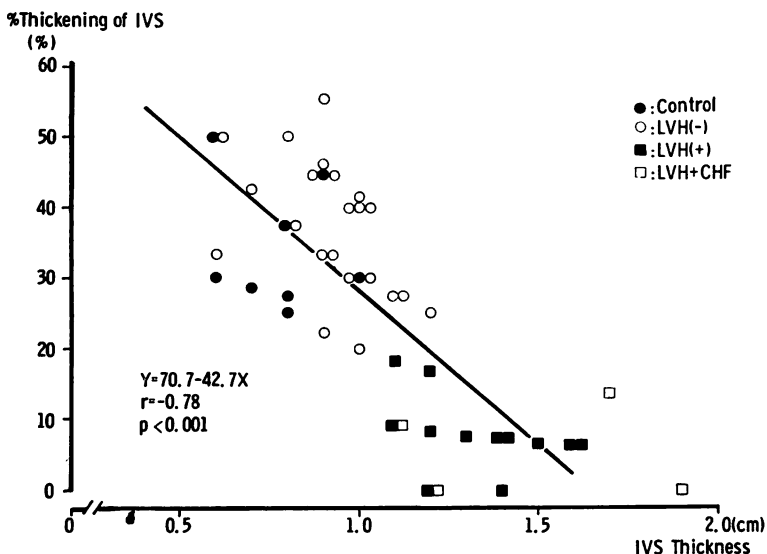


Fig. 4. Relationship between thickness and % thickening of the interventricular septum (IVS).

There is a good correlation ($r = -0.78$) between the two.

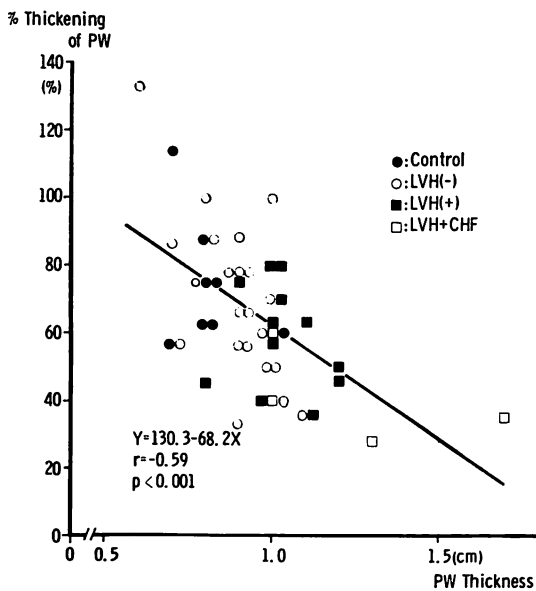


Fig. 5. Relationship between thickness and % thickening of the posterior wall (PW).

There is a fairly good correlation ($r = -0.59$) between the two.

左室全体としての収縮能の指標とされている shortening fraction, mean VCF は左室肥大に心不全を合併した群でのみ有意の低値を示した (Fig. 9, $p < 0.01$). また心不全を合併しない左室肥大群では、左室全体としての収縮能の低下傾向を認めたものの、対照群とは有意差を示さなかった。

考 察

高血圧症における左室肥大は、その慢性圧負荷状態に対し心筋重量を増加し、単位心筋あたりの負荷を軽減しようとする合目的な生体反応とされている¹⁾。このような圧負荷状態における心肥大の進展様式に関する報告には、この疾患の性質上観血的検査法が困難なため、詳細かつ組織的な研究が少ない¹⁴⁾。また、肥大心における左室機能、とくにその収縮期機能についても論議され、Spannら²⁾、Mehmelら⁴⁾、deCarvalhoら¹²⁾は低下しているという報告を行い、他方、Malikら⁶⁾、Pfefferら⁷⁾、Karlnerら¹¹⁾は正常に維持されて

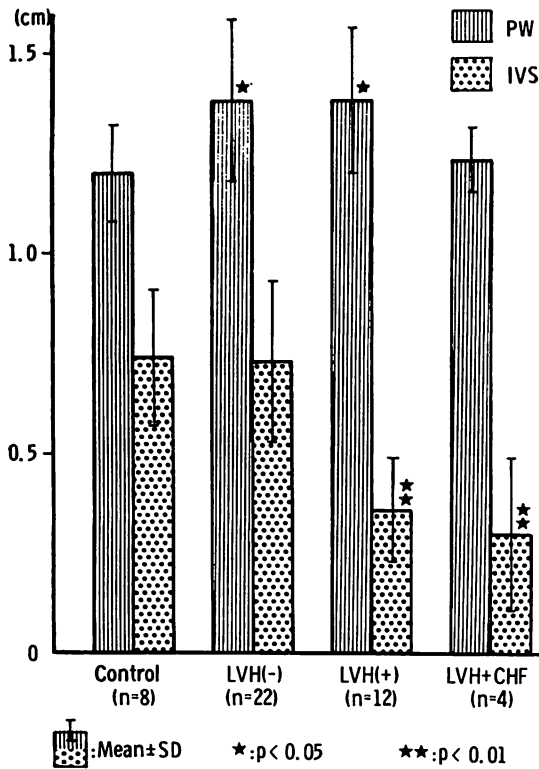


Fig. 6. Excursion of the left ventricular wall.
 Wall excursion of the interventricular septum (IVS) is significantly depressed in patients with left ventricular hypertrophy (LVH) ($p < 0.01$). Posterior wall (PW) excursion is significantly increased in patients with and without LVH ($p < 0.05$).

いるとし、一定の結論が得られていない。そこで我々は UCG を利用し、心室中隔ならびに左室後壁の局所的な肥厚とその収縮期壁動態を検討することにより、高血圧症の肥大様式とその収縮期機能の変遷のさまを推論することを試みた。

今回の検討では、左室肥大の進展に伴う左室壁の肥厚は心室中隔が左室後壁に比較しより早期に著明に起こり、壁厚の増加に不均一性を認める結果を得た。これらの所見はその絶対値でも明らかであるが、とくに心室中隔・左室後壁厚比で検討した場合、左室肥大群では 1.3 という値を示し、さらに心不全合併群では 1.2 と低下している。こ

のように左室圧負荷に伴う左室壁の肥厚に局所的な差異が認められ、また心室中隔・左室後壁厚比が 1.3 以上を示す症例が存在したという結果は、Karliner ら¹¹⁾、deCarvalho ら¹²⁾の報告と一致した。我々の成績では左室肥大群 16 例中 5 例が、この比が 1.3 以上であった。これらの結果は心室中隔の非対称性肥厚を示す肥厚性心筋症(心室中隔・左室後壁厚比 $> 1.3^{15)}$)との鑑別診断上、問題となってくると考えられる。このような高血圧性肥大心における非対称性中隔肥大は、左室に対する後負荷増大に対する異常な反応なのか、あるいは偶然の一致であるかは不明であるが、いずれにしても高血圧症における心肥大の進展に興味ある知見である。

このような肥厚を示す左室壁について、その収縮期壁動態として、収縮期壁厚増加率、および振幅を求めたが、心室中隔のそれらは左室肥大群で明らかに低下した。他方、左室後壁の収縮期壁厚増加率は心不全群でのみ低下、また壁振幅は左室非肥大群、左室肥大群でむしろ増加した。これらの結果は、肥厚性心筋症における左室壁収縮期動態についての Cohen ら¹⁶⁾の報告と同様の傾向を示している。このように、高血圧性肥大心における心室中隔の局所的 performance の低下は、冠血流量の変化、肥大に伴う組織学的変化、また左室形態の変化等がその原因として上げられるが、詳細は不明である。逆に左室後壁の壁振幅の増加は、心室中隔の局所的 performance の低下を補う代償機序の 1 つと考えられる¹⁷⁾。

左室全体としての収縮機能の指標とされている shortening fraction, mean VCF 等は、心不全合併群のみで低下を示したが、左室肥大群では有意の低下をきたさなかった。この結果は Gamble ら⁵⁾、Karliner ら¹¹⁾の成績とも一致した。今回の検討で明らかになった左室肥大群での心室中隔の局所的 performance の低下は、左室全体として検討した場合にはその影響を検出することは困難であった。これは左室後壁振幅の増大に代表されるような代償機序が働くためと考えられた。すなわち、

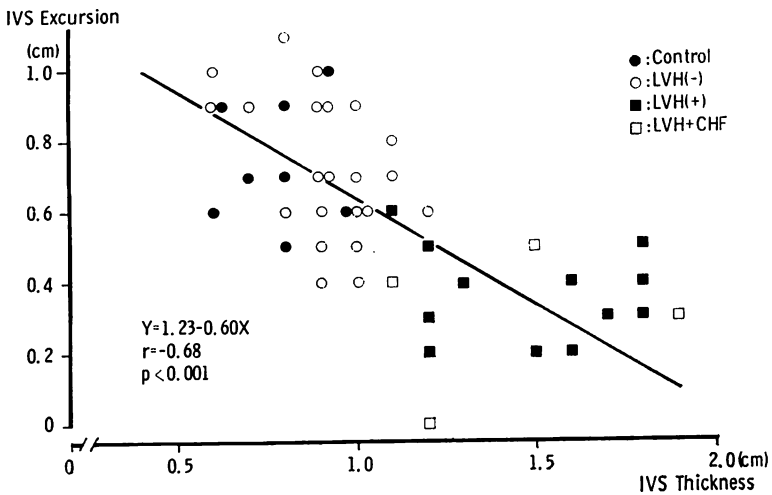


Fig. 7. Relationship between thickness and excursion of the interventricular septum (IVS).

There is a fairly good correlation ($r=-0.68$) between the two.

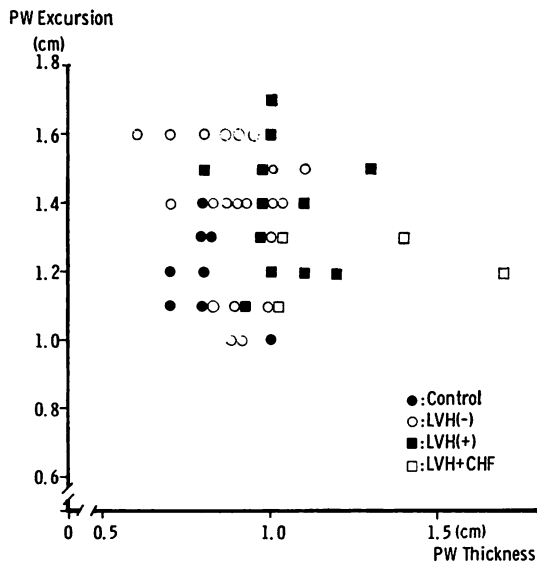


Fig. 8. Relationship between thickness and excursion of the posterior wall (PW).

There is no significant correlation between the two.

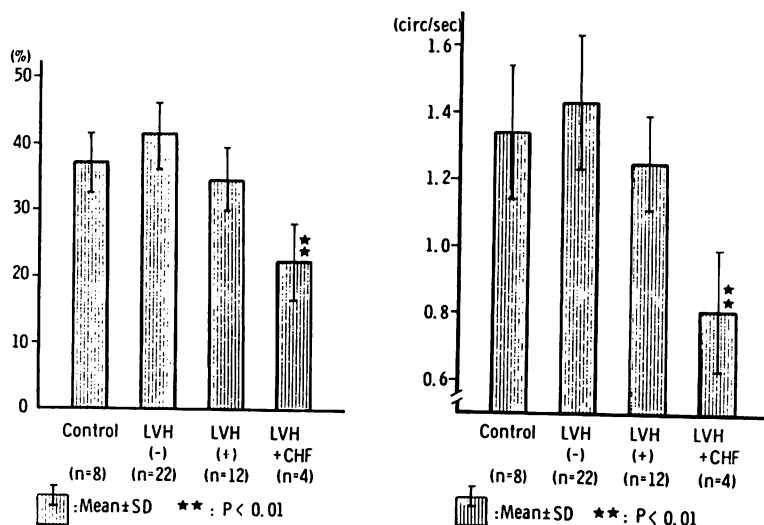


Fig. 9. Shortening fraction (left) and mean Vcf (right) in patients with hypertension.

These indices of left ventricular performance are maintained in patients with and without left ventricular hypertrophy (LVH), and depressed only in patients with progressive congestive heart failure (CHF).

圧負荷による左室収縮期機能を shortening fraction, mean Vcf 等の指標で検討した場合には, 明らかな機能低下はみられないが, 局所壁動態として検討した場合, 心室中隔の有意な局所的 performance の低下がとらえられ, 肥大心の検討には今回のような局所壁動態の観察が重要であることが示唆された。

最後に, 今回の検討にさいし利用した UCG 法であるが, 従来より指摘されているように, 常とそのビーム方向が問題にされ, とくに左室形態が著しく正常より偏位する場合は, その各種計測値に誤差を生じやすいとされている。他方, 圧負荷による肥大心の左室内腔形態は正常に維持されるとする Lin ら¹⁸⁾の報告もあり, また少数の自験例ではあるが, 超音波心臓断層法を利用した高血圧性肥大心でも, 左室内腔の形態には著しい異常は認められず, 今回の検討にはビーム方向の影響は少ないと考えられた。しかしなお, 心室中隔厚の計測をはじめ各種の計測には UCG 法のみでは困難な場合もあり, 今後は超音波心臓断層法の

併用で正確なビーム方向を規定し, 計測上の精度を向上させるように努めるべきであると考えている。

ま と め

高血圧症患者 38 例で, その壁厚増加とその壁動態につき UCG で検討した。心電図上の左室非肥大群では, 壁厚およびその動態は対照群と有意差を示さなかった。左室肥大群では, 壁厚は心室中隔, 左室後壁とも有意に増厚し, また心室中隔は左室後壁より早期に肥厚する傾向を認めた。他方その左室収縮能は正常に保たれ, かつ左室後壁の壁動態は正常もしくは亢進したが, 心室中隔の壁動態は有意に低下した。左室肥大に心不全を合併した群では, 左室収縮能は低下した。

これらの結果から, 高血圧性心疾患において左室壁の肥厚には不均一性が認められ, とくに心室中隔の肥厚が早期に認められ, またこの部における壁動態も早期より低下し, 局所的 performance の低下を示唆するものと考えられた。

文 献

- 1) Grossman W, Jones D, McLaurin LP: Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. *J Clin Invest* **56**: 56, 1975
- 2) Spann JF, Covell JW, Eckberg DL, Sonnenblick EH, Ross J Jr, Braunwald E: Contractile performance of the hypertrophied and chronically failing cat ventricle. *Amer J Physiol* **223**: 1150, 1972
- 3) Gunning JF, Cooper G IV, Harrison CE, Coleman HN III: Myocardial oxygen consumption in experimental hypertrophy and congestive heart failure due to pressure overload. *Amer J Cardiol* **32**: 427, 1973
- 4) Mehmel HC, Mazzoni S, Krayenbuehl HP: Contractility of the hypertrophied human left ventricle in chronic pressure and volume overload. *Amer Heart J* **90**: 236, 1975
- 5) Gamble WJ, Phornphutkul C, Kumar AE, Sanders GL, Manasek FJ, Monroe RG: Ventricular performance, coronary flow, and MVO₂ in aortic coarctation hypertrophy. *Amer J Physiol* **224**: 877, 1973
- 6) Malik AB, Abe T, O'Kane HO, Geha AS: Cardiac performance in ventricular hypertrophy induced by pressure and volume overloading. *J Appl Physiol* **37**: 867, 1974
- 7) Pfeffer MA, Frohlich ED: Hemodynamic and myocardial function in young and old normotensive and spontaneous hypertensive rats. *Circulat Res* **32** and **33** (suppl I): 28, 1973
- 8) MacDonald IG, Feigenbaum H, Chang S: Analysis of left ventricular wall motion by reflected ultrasound. Application to assessment of myocardial function. *Circulation* **46**: 14, 1972
- 9) Fortuin NJ, Hood WP, Craige E: Evaluation of left ventricular function by echocardiography. *Circulation* **46**: 26, 1972
- 10) Troy BL, Pombo J, Rackley CE: Measurement of left ventricular wall thickness and mass by echocardiography. *Circulation* **45**: 602, 1972
- 11) Karliner JS, Williams D, Gorwit J, Crawford MH, O'Rourke Ra: Left ventricular performance in patients with left ventricular hypertrophy caused by systemic arterial hypertension. *Brit Heart J* **39**: 1239, 1977
- 12) deCarvalho JGR, Basta LL, Frohlich ED: Pathophysiologic assessment of hypertensive heart disease with echocardiography. *Amer J Cardiol* **39**: 789, 1977
- 13) Romhilt DW, Estes EH: A point-score system for the ECG diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Amer Heart J* **75**: 752, 1968
- 14) Frohlich ED, Tarazi RC, Dustan HP: Clinical-physiological correlations in the development of hypertensive heart disease. *Circulation* **44**: 446, 1971
- 15) Henry WL, Clark CE, Epstein SE: Asymmetric septal hypertrophy: echocardiographic identification of the pathognomonic anatomic abnormality of IHSS. *Circulation* **47**: 225, 1973
- 16) Cohen MV, Cooperman LB, Rosenblum R: Regional myocardial function in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. An echocardiographic study. *Circulation* **52**: 842, 1975
- 17) St John Sutton MG, Tajik AJ, Gibson DG, Brown DJ, Seward JB, Giuliani ER: Echocardiographic assessment of left ventricular filling and septal and posterior wall dynamics in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Circulation* **57**: 512, 1978
- 18) Lin HL, Katele KV, Grimm AF: Functional morphology of the pressure- and the volume-hypertrophied rat heart. *Circulat Res* **41**: 830, 1977