

心外膜液貯溜時の非観血的心機能評価:とくにUCGによる左心機能評価について

Echocardiography, phonocardiography and carotid artery pulse wave in patients with pericardial effusion, with special reference to echocardiographic evaluation of left ventricular function

伊東 盛夫
 藤野 武彦
 金谷 庄藏
 伊東 祐信
 福本 晃雄
 安田 英雄
 福島 勇
 哲翁 元治
 真柴 裕人
 平田 経雄*

Morio ITO
 Takehiko FUJINO
 Shozo KANAYA
 Sukenobu ITO
 Teruo FUKUMOTO
 Hideo YASUDA
 Isamu FUKUSHIMA
 Motoharu TETSUO
 Hiroto MASHIBA
 Tsuneo HIRATA

Summary

To evaluate the effects of pericardial effusion (PE) on the left ventricular function, ultrasonocardiography (UCG), phonocardiography (PCG) and carotid artery pulse wave (CPW) were recorded from 18 patients with PE of various etiologies (Table 1). These recordings were repeated for the same patients with the intervals of one to two weeks, thus obtaining total 28 records for UCG, 24 for PCG and 15 for CPW. These data were correlated with the volume of PE, and compared with the values obtained from the normal adults (Table 2). As the index of volume of PE, the width of posterior echo free space (EFS) was used. As the EFS progressively increased, the following changes were noted: 1) the progressive increases in heart rate, cardiothoracic ratio and PEP/LVET; 2) no significant change in Q-I interval and IIP/IIA ratio; 3) the progressive reduction in the CD and EFo slopes of anterior mitral valve UCG with no significant change in the CE amplitude; 4) no significant change in the dimensions of left atrium, right ventricle and left ventricle, and the slight

九州大学医学部 第一内科
 * 同 中央放射線部
 福岡市東区馬出3-1-1 (〒 812)

The First Department of Internal Medicine, and *Department of Central Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University, Maidashi 3-1-1, Higashi-Ku, Fukuoka, 812

decrease in the end-diastolic left ventricular dimension with the markedly increased EFS ; and 5) the progressive decrease in the mean diastolic velocity (DV) of posterior left ventricular wall with no significant change in excursion and mean systolic velocity, resulting in the progressive increase in D/S ratio of posterior wall (Figure 1, 3, 5, 6 and 7). With the disappearance of EFS, all of the above stated changes returned to the values almost same with those for the normal adults. EFo slope of mitral valve UCG showed the significant correlation with DV and D/S ratio of posterior wall UCG ($r=0.7022$, $P<0.01$; $r=-0.7868$, $P<0.01$, respectively) (Figure 8). Three cases showed the paradoxical motion of interventricular septum. As for the mechanisms for the reduced EFo slope of mitral valve and DV of posterior wall, the impairment of left ventricular expansion and reduced left ventricular filling, and for the increase in PEP/LVET and the decrease in CD slope of mitral valve UCG, the impairment of left ventricular ejection were considered.

Key words

pericardial effusion
left ventricular function
ultrasoundcardiography
EFo slope of mitral valve
diastolic velocity of left ventricular posterior wall
D/S ratio

はじめに

心外膜液 (pericardial effusion, PE) の貯溜は、左室 (LV) の diastolic expansion の障害と心室充満の低下を来し、その結果心拍出の低下を惹起することはよく知られている。³⁾¹⁶⁾²⁸⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁵⁾ 従来心臓超音波法 (UCG) による LV 機能評価に関する論文は多いが、⁶⁾⁷⁾²⁵⁾²⁹⁾³¹⁾³³⁾ PE 貯溜時については専ら PE 検出に注目され、⁶⁾ LV 機能の面からの研究はない。最近著者らは LV の compliance の低下が予想される疾患で LV 後壁 (PW) の UCG の収縮期速度は殆ど不変のまま拡張期速度のみ低下することを報告した。¹⁰⁾¹¹⁾ LV 機能と LVPW UCG の収縮期速度との関連についての報告は多いが、²⁾²⁰⁾²¹⁾²⁹⁾³⁴⁾ 拡張期速度については、著者らの外は Fogelman ら⁸⁾ の研究があるのみである。以上のことより、PE 貯溜時の心機能異常が UCG、とくに LVPW の拡張期相にどのように反映されかは興味ある問題であろう。

本論文では、PE 貯溜を有する患者に UCG を含む種々の非観血的心機能検査を行い、これらの検

査所見をとくに LV 機能の面から分析した。

対象と方法

対象は UCG にて LVPW に echo free space (EFS) を認めた18名の患者で、その年令・性別および原因疾患は Table 1 に示す通りである。何れの患者も先天性心畸形や弁膜症を有していない。これらの患者の UCG、心音図 (PCG)、頸動脈波、心電図および胸写の所見を検討した。

UCG は Aloka SSD, 60B を用い探触子 2.2 MHz, 6φ で記録、オシロスコープで観察しつつ、Polaroid camera で25および50mm/sec の速度で、心電図第2誘導と同時記録した。また PCG 記録は UCG 記録と同じ日に行い、インク噴射式ポリグラフ (Elema-Schönander 社製, Cardirex 6T 型) を用い加速度心音マイク (Elema-Schönander 社製, EMT 25C) で、心電図第2誘導とともに100mm/sec の速度で記録した。今回検討した UCG と PCG の parameter とその略語は Table 2 に示す通りである。PCG 所見のうち IIP/IIA は

Age	Male	Female	Total
20 - 29	1	2	3
30 - 39	2	2	4
40 - 49	3	2	5
50 - 59	1	2	3
60 - 69	1	1	2
70 - 79	1	0	1
TOTAL	9	9	18

Table 1. Age and sex of cases studied (upper table) and etiologies of pericardial effusion (lower table)

Etiology	No of cases
Idiopathic	8
Malignant tumor of lung	6
Uremia	2
Systemic lupus erythematodes	2
Total	18

Table 2. Phonocardiographic and echocardiographic data in normal adults

Parameters measured	Abbrev.	Unit	Normal values
Phonocardiographic data			
Q-I interval	Q-I	sec	0.053 ± 0.01
IIP/IIA ratio	IIP/IIA		0.53 ± 0.26
Echocardiographic data			
Mitral valve echo			
CE amplitude	MV-CE	mm	
CD slope	MV-CD	mm/sec	21.8 ± 5.9
Efo slope	MV-EFo	mm/sec	106.6 ± 32.5
Dimensions			
Left atrium	LAD	mm/M ²	16.7 ± 2.6
Right ventricle	RVD	mm/M ²	11.4 ± 2.0
Left ventricle			
endo-systolic	LVDs	mm/M ²	21.5 ± 3.5
endo-diastolic	LVDd	mm/M ²	27.9 ± 3.4
Posterior wall echo			
Excursion	LVPW-Ex	mm	14.1 ± 2.3
Mean systolic velocity	LVPW-SV	mm/sec	47.0 ± 8.2
Mean diastolic velocity	LVPW-DV	mm/sec	98.3 ± 27.7
D/S ratio	LVPW-D/S		0.459 ± 0.062
Echo free space	EFS	mm	0

Footnote: Q-I: interval between onset of ventricular depolarization and first heart sound; IIP/IIA: ratio of amplitude of pulmonary to aortic component of second heart sound. Dimensions were corrected by body surface area (BSA). For the measurement method of left ventricular posterior wall UCG, see Figure 1. Abbreviations used in the paper and figures are also shown,

前報¹⁷⁾の方法により求めた. また心外膜摩擦音の有無とその時相についても検討した. UCG 所見のうち, LAD は Hirata ら,¹⁵⁾ RVD, LVD_s および LVD_d は Popp ら³²⁾の方法で測定し, 何れも体表面積 (BSA) で割った値を用いた. また LVPW UCG については, Figure 1 に示す様に, LVPW-EX, SV および DV は Fogelman ら,⁸⁾ LVPW-D/S は藤野ら¹⁰⁾の方法で求めた.

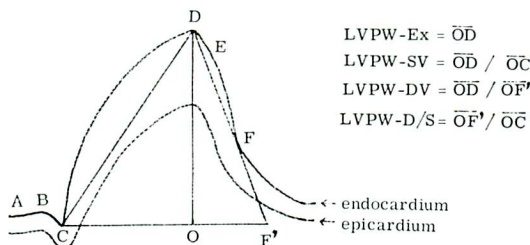


Figure 1. Schema of LVPW UCG showing the methods of measurement

See Table 2 for abbreviations.

頸動脈波はフクダ電子製, 空気伝導型脈波用 transducer TY-303 を用い, 100mm/sec の速度で PCG および心電図第2誘導と同時記録し, Weisler ら⁴⁴⁾の方法で PEP/LVET を求めた. また, UCG と同時記録した心電図より心拍数を, UCG

記録日前後3日以内に撮影した胸部レントゲン写真より心胸郭比 (CTR) を求めた. なお心電図にて不整脈や伝導障害を認めたものはなかった.

以上の検査は, 同一患者に1~2週間の間隔で反復施行し, 経過中 EFS が変化したときは, その変動が5mm 以内の例ではその EFS が最大のときの UCG およびその他の検査所見を, また EFS が5mm 以上変動もしくは消失した例では, EFS が最大のとき, およびそれより5mm 以上減少したときや消失したときの検査所見も検討の対象とした. この様にして, 18名の患者について UCG および心拍数 28回, PCG 24回, CTR 22回 および PEP/LVET 15回の測定値を検討した. この際, これらの測定値と PE の量との関係を見たが PE の量の指標として EFS の心周期中の最大幅を用いた. 各検査成績は, EFS が0, 3.0~6.9, 7.0~11.9 および 12.0mm 以上の群に分けて分析したが (Figure 2), EFS 12.0mm 以上のものはしばしば LVPW UCG で拡張期に前方偏位を示す異常運動⁵⁾ (以下 pendel motion) を示したので, この群をB群とし, pendel motion を示さないものをA群として検討した. なおB群については LVD_s と LVD_d および LVPW UCG の測定は行わなかった. EFSと年齢の分布は Figure

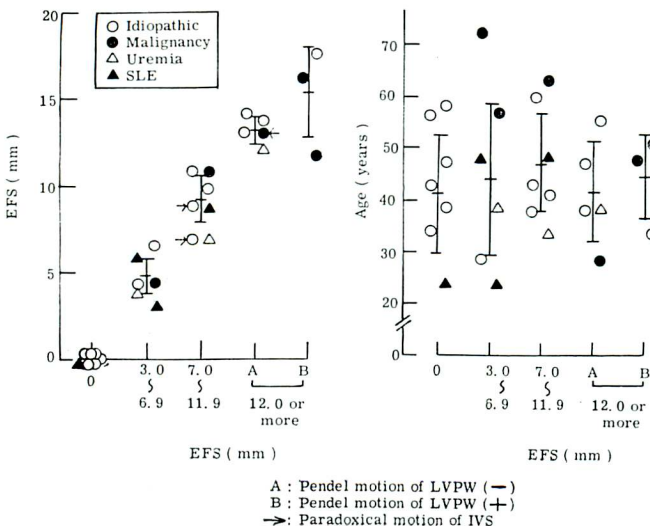


Figure 2. Distributions of EFS (left) and age (right) for each group with different EFS's

○: idiopathic pericarditis, ●: malignant tumor, △: uremia, ▲ systemic lupus erythematoses. A and B indicate cases without and with pendel motion of LVPW UCG (anterior displacement of LVPW during diastole), respectively. Arrows indicate cases showing the paradoxical motion of interventricular septum (IVS).

2に示す如く、各群の年齢の平均値はほぼ等しい値を示した。

また正常 control として、PCG を50名の、また LVPW UCG を22名の正常成人について記録した。また僧帽弁前尖 UCG や心臓各部の dimension の正常値としては Fujino ら⁹⁾ の測定値を用いた。

成績

1. 正常成人の PCG および UCG 所見

正常成人の PCG および UCG の各測定値の平均値と標準偏差は Table 2 に示す通りである。PCG の Q-I 時間は Sakamoto ら³⁶⁾ の報告とほぼ等しい。一方、LVPW-Ex は Fogelman ら⁸⁾ の値とほぼ等しいが、仁村ら²⁹⁾ よりやや小で、Kraunz ら²⁰⁾²¹⁾ や McDonald ら²⁵⁾ に比して大である。また LVPW-SV は Fogelman ら⁸⁾ Quinones ら³⁴⁾ や仁村ら²⁹⁾ の値にほぼ等しいが、Kraunz ら²⁰⁾²¹⁾ のそれより大である。LVPW-DV は Fogelman ら⁸⁾ の値と一致する。また LVPW-D/S については著者ら¹⁰⁾ の報告があるのみである。また僧帽弁前尖 UCG と dimension の正常値は Fujino ら⁹⁾ の報告から引用した。

2. PE 貯溜時の検査所見

(1) CTR と PCG 所見

Figure 3 に示すように、EFS の増大とともに

CTR は増大した。また、PCG 所見の Q-I 時間と IIP/IIA 比は EFS が増大しても有意の変化を示さなかった。正常者に比較すると、Q-I 時間はやや延長の傾向を示し、IIP/IIA 比はほぼ同じ程度であった。

心外膜摩擦音は、Figure 4 に示すように、24回の PCG 記録中 9 回 (37.5%) に認められた。その出現頻度や時相は、EFS の量や疾患と一定の関係は示さなかった。

(2) 心拍数と PEP/LVET

Figure 5 に示すごとく、EFS の増加に伴って心拍数と PEP/LVET の増大が見られたが、EFS が 12.0mm 以上では A 群に比し B 群が心拍数が有意に小であった。EFS が消失したときの PEP/LVET は 0.370 ± 0.08 で、従来報告されている正常値 (0.34)¹³⁾¹⁸⁾ に比してやや大であった。

(3) UCG 所見

Figure 5 に示すように、EFS の増大と平行して、MV-CD と MV-EFo および LVPW-DV の減少と、LVPW-D/S の増加が見られた。一方、MV-CE と各 dimension や LVPW-Ex と LVPW-SV は有意の変化を示さなかったが、EFS が 12.0 mm 以上の A 群では LVDd と LVPW-Ex がやや減少する傾向が見られた。Figure 6 および Figure 7 に実例を示す。

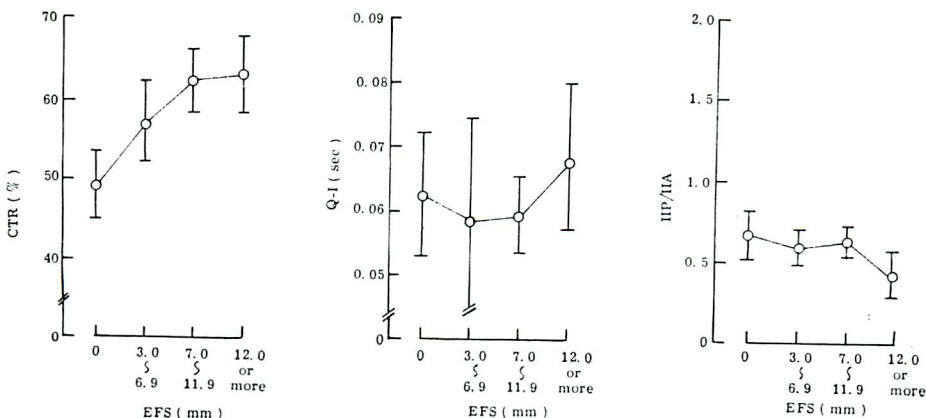


Figure 3. Correlation of cardiothoracic ratio (CTR), Q-I and IIP/IIA with EFS
For other abbreviations, see Table 2.

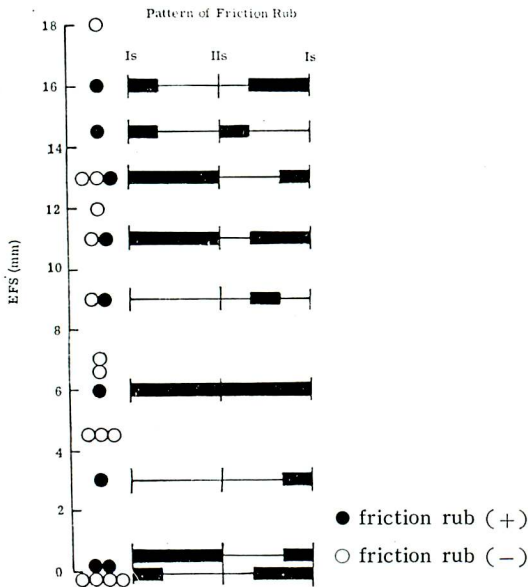


Figure 4. Relation of EFS with occurrence of pericardial friction rub and its phase on PCG
 Is and IIs: first and second heart sound, respectively.
 ● and ○: cases with and without friction rub. Wide horizontal bars schematically represent the phases of occurrence of friction rubs.

EFS が消失した時の平均値を, 正常者のそれと比較すると, LAD と LVDd はやや高値を示したが, 他の測定値はほぼ同じ程度の値を示した.

Figure 7 に示すように, 今回18例中3例に心室中隔 (IVS) が LVPW と同方向性の動きを示す, いわゆる paradoxical motion が見られた. 3例中1例は EFS の量の変化との関係を観察し得たが, この例では EFS の減少とともに IVS の動きも正常化した. これら IVS が paradoxical motion を示す例では, 同じ程度の EFS を有する他の例に比して, LVDd が小なる傾向がみられた.

(4) 各測定値間の相関

MV-EFo は LVPW-DV および LVPW-D/S と有意の相関を示した ($r=0.7022, P<0.01$, および $r=-0.7861, P<0.01$) (Figure 8). また MV-CD も LVPW-DV および LVPW-D/S と有意の相関を示した ($r=0.5481, P<0.01$, および $r=-0.4356, P<0.05$). 一方, PEP/LVET は MV-CD ($r=-0.8500, P<0.01$), MV-EFo ($r=-0.7031, P<0.01$), LVPW-DV ($r=-0.5763, P<0.05$) および LVPW-D/S ($r=0.5083, P<$

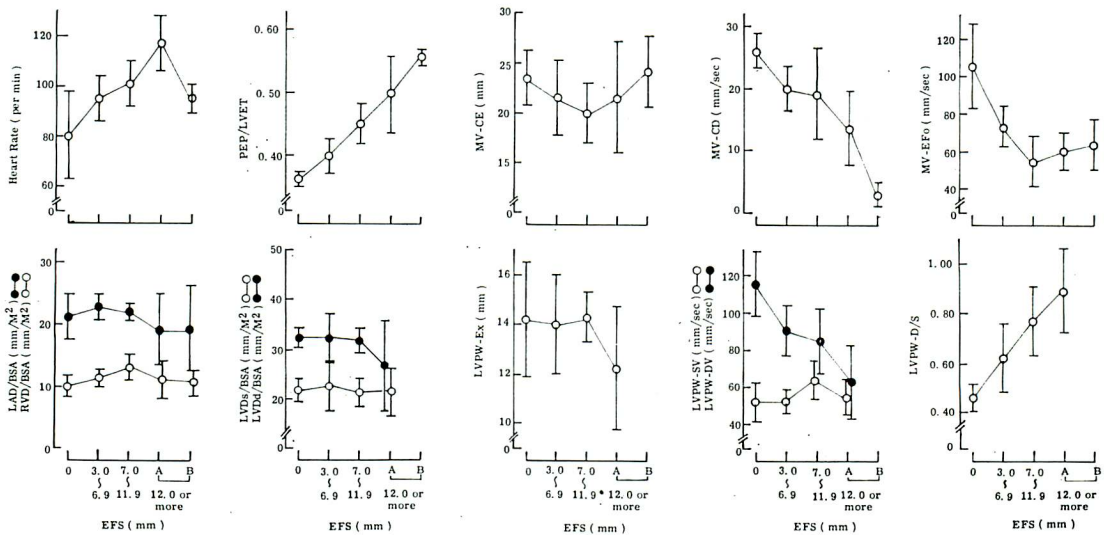


Figure 5. Changes of heart rate, PEP/LVET and various findings in UCG with the increase of EFS
 LVET: left ventricular ejection time obtained from carotid artery pulse wave; PEP: LVET minus Q-IIA, where Q-IIA is interval between onset of ventricular depolarization and aortic component of second heart sound. See Table 2 and Figure 2 for other abbreviations.

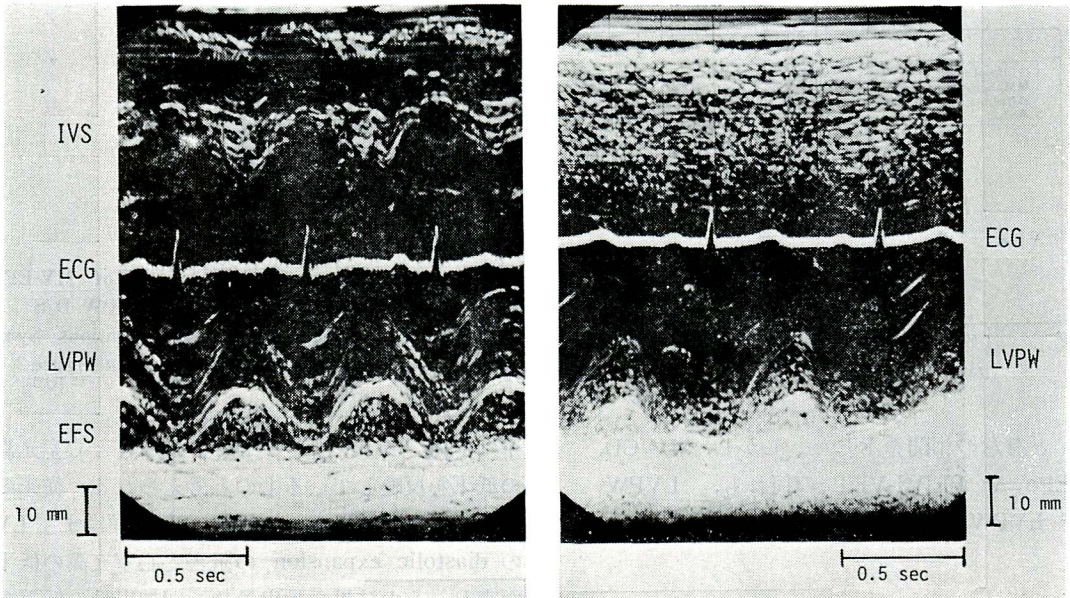


Figure 6. LVPW UCG recorded from 56-year-old female of idiopathic pericarditis

Note the reduced LVPW-DV with almost no change in LVPW-Ex and LVPW-SV in association of pericardial effusion (left) compared with those recorded when effusion had disappeared (right).

IVS: interventricular septum. See Table 2 for other abbreviations.

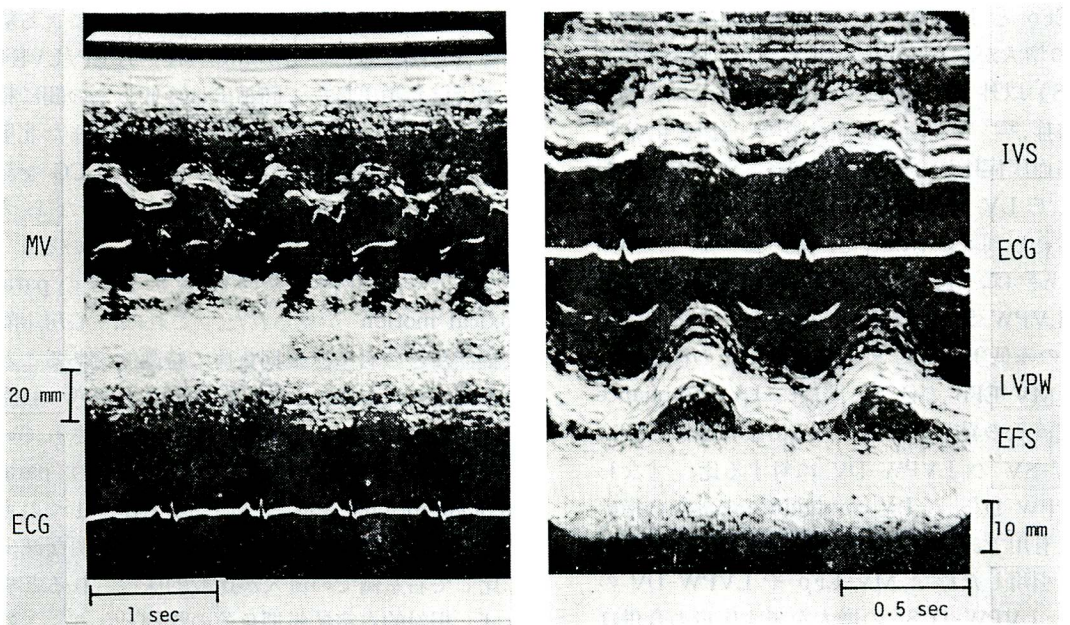


Figure 7. Anterior mitral valve (left) and left ventricular posterior wall and interventricular septal UCG (right) recorded from 42-year-old female with idiopathic pericarditis

Note the reduced MV-EFo and MV-CD (left) of mitral valve (MV), and the reduced LVPW-DV and the paradoxical motion of interventricular septum (IVS) (right). See Table 2 for abbreviations.

伊東, 藤野, 金谷, 伊東, 福本, 安田, 福島, 哲翁, 真柴, 平田

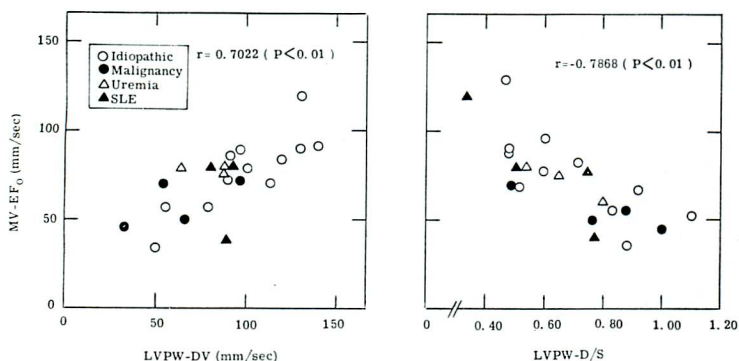


Figure 8. Correlations of MV-EFo with LVPW-DV and LVPW-D/S

See Table 2 for abbreviations. Symbols are same with those in Figure 2.

0.05) と有意の相関を示した。しかし, MV-CD, MV-EFo や PEP/LVET の何れも, LVPW-Ex や LVPW-SV とは有意の相関を示さなかった。

考案

今回, PE 貯溜時には PE の量の増大と平行して, 心拍数と PEP/LVET の増大, MV-CD, MV-EFo と LVPW-DV の低下および LVPW-D/S の増大が起こることが見られた。僧帽弁狭窄症(MS)以外で, MV-EFo の低下するのは大動脈弁狭窄症,³⁷⁾ 特発性心筋症,¹⁾³⁵⁾³⁷⁾ 冠硬化症³⁷⁾ や肺高血圧症¹⁴⁾²⁶⁾などで報告されており, その機序として LV compliance の低下や心室充満の減少が考えられている。一方, 藤野ら¹⁰⁾¹¹⁾や Fogelman ら⁸⁾は, 狭心症・特発心筋症や左室肥大などで, LVPW-SV は有意の変化がないまま LVPW-DV のみ低下することを観察し, その機序としては, MV-EFo の低下と同様に LV compliance や心室流入の異常を考えている。また藤野ら¹⁰⁾は, LVPW-SV の LVPW-DV に対する比, すなわち LVPW-D/S が LV compliance の評価の指標として有用であることを提唱した。今回の症例には上に引用した様な MV-EFo や LVPW-DV の低下や LVPW-D/S の増大を来す疾患の合併はなく, またこれらの異常は PE の量と平行しており, PE の消失とともに正常化したことから, PE貯溜時に見られたMV-EFoとLVPW-DVの低

下は, PE の存在による LV 拡張障害と心室充満の低下を反映しているものと考えられる。従来の臨床的・実験的研究によれば, PE貯溜はまず LV の diastolic expansion の阻害と心室充満の低下を来し, その結果心拍出量や一回拍出量の低下を惹起する。³⁾¹⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁵⁾

一方, 今回見られた MV-CD の低下の機序は不明であるが, MV-CD の低下が PEP/LVET の増大と平行して見られたことから, PE による駆出障害と関係しているかも知れない。PEP/LVET の増大は心拍出量や一回拍出量の低下との間に相関があることはよく知られている。¹³⁾¹⁸⁾ また北里ら²²⁾は人工心肺使用時の心臓手術中に UCG を記録し, 心拍出量の減少が MV-EFo のみならず MV-CD の低下をも伴うことを観察している。

なほ, 今回18例中3例の UCG に IVS の paradoxical motion が見られた。これは, 心房中隔欠損症などの右室拡張期負荷に特徴的であることは衆知であるが,⁶⁾ この外肺高血圧,¹²⁾¹⁴⁾²⁶⁾ 心筋硬塞¹⁹⁾ や左脚ブロック⁴⁾²⁴⁾などでも報告されている。今回 PE 貯溜時に見られた IVS の paradoxical motion の機序は不明であるが, 1つの可能性として, PE 貯溜時に LV 流入の著明な減少に比して右室側での流入が比較的保持されれば, 相対的右室拡張期負荷の状態となり, このような paradoxical motion が起こるかも知れない。心房中隔欠損症に僧帽弁や大動脈弁の逆流が合併すると IVS の動きは正常化するとの報告⁴¹⁾

も、IVSの運動様式が両心室の拡張期における負荷の程度のbalanceによって決定されるという上述の仮説と矛盾しないであろう。

さて、以上の考察において、UCG所見の異常が主としてPEという機械的障害物の存在のためのLVの拡張障害と心室充満の低下がおり、さらにその結果LVの駆出障害がおこることを反映しているであろうと考えたが、この際PEの原因が心筋自体を侵したり、あるいは高令による冠硬化の合併さらにPEのための駆出障害に伴う血圧低下が冠血流の減少を来して、心筋自体の異常もある程度関与している可能性は否定できない。また、PEの存在が心臓全体の動きの異常⁵⁾(極端にはLVPWのpendel motionのように)が、UCG所見の見かけ上の変化を来している可能性も念頭におく必要がある。

PCG所見では心外膜摩擦音がPE貯溜時の最も特徴的所見の1つであるが、²³⁾⁴⁰⁾⁴²⁾今回その出現頻度や時相はPEの量や原因疾患と一定の関係が見られなかった。またQ-I時間の軽度延長が見られたが、MS以外で高血圧、³⁶⁾大動脈弁閉鎖不全⁴³⁾や心不全⁴⁴⁾でも延長すると報告されているが、今回に見られたQ-I時間の軽度の延長もPEに伴うLV機能障害の反映かも知れない。またPE貯溜時にはIIPの亢進がおこることがあるが、⁴²⁾今回の成績ではIIP/IIA比は正常範囲を示した。

PEの量の増大とともに心拍数が増大することはよく知られているが、EFSが12.0mm以上の群ではA群に比してB群はEFSが大なのに心拍数はB群の方が有意に少なかった。Pathek³⁰⁾はfrogの実験で、PEの量の増大とともに心拍数は増大するが、PEがある限界をこえて増大するとかえって心拍数が減少の傾向を示すと報告している。

要 約

心外膜液(PE)貯溜を有する患者18名のUCG・PCG・頸動脈波・心拍数および胸写の所見を検討した。PEの量の指標として左室後壁(LVPW)UCGのecho free space(EFS)を用いた。EFS

の増大と平行して、心拍数・心胸郭比およびPEP/LVETの増大が見られた。PCG所見では、心外膜摩擦音が37.5%に記録されたが、その出現頻度はEFSと一定の相関を示さなかった。またQ-I時間と、IIPのIIAの振幅に対する比、すなわちIIP/IIA比はEFSの量と一定の相関を見なかった。UCG所見では、EFSの増大に平行して、僧帽弁UCGのCDおよびEFo slopeの減少がおこったが振幅CEは有意の変化を示さなかった。また左房、右室および左室の径も有意の変化を示さなかったが、拡張末期左室径はEFSが大なときやや減少の傾向が見られた。LVPW UCGでは、EFSが増大してもexcursionや収縮期速度は有意の変化を示さなかったが、EFSの増加に平行して拡張期速度の減少とD/S比の増大が見られた。僧帽弁UCGのEFo勾配やLVPWの拡張期速度の低下とD/S比の増大は、PEによるLV拡張障害を、また僧帽弁UCGのCD勾配の低下とPEP/LVETの増加は、LVの駆出異常の反映と考えられた。また18例中3例のUCGで心室中隔のparadoxical motionを認めた。

文 献

- 1) Abbasi AS, MacAlpin RN, Eber LM, Pearce ML: Echocardiographic diagnosis of idiopathic hypertrophic cardiomyopathy without outflow obstruction. *Circulation* 46: 897-904, 1972
- 2) Cooper RH, O'Rourke RA, Karlina JS, Peterson KL, Leopold GR: Comparison of ultrasound and cineangiographic measurements of mean rate of circumferential fiber shortening. *Circulation* 46: 914-923, 1972
- 3) Craig RJ, Whalen RE, Behar VS, McIntosh HD: Pressure and volume changes of the left ventricle in acute pericardial tamponade. *Amer J Cardiol* 22: 65-74, 1968
- 4) Dillon JC, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic manifestations of left bundle branch block. *Circulation* 44: 876-880, 1974
- 5) Feigenbaum H, Zaky A, Grabhorn LL: Cardiac motion in patients with pericardial effusion. A study using reflected ultrasound. *Circulation* 34: 611-619, 1966

伊東, 藤野, 金谷, 伊東, 福本, 安田, 福島, 哲翁, 真柴, 平田

- 6) Feigenbaum H: Echocardiography, Lea and Febiger, Philadelphia, 1972
- 7) Fortuin NJ, Hood WP, Craig E: Evaluation of left ventricular function by echocardiography. *Circulation* 46: 26-35, 1972
- 8) Fogelman AM, Abbasi AR, Pearce ML, Kattus AA: Echocardiographic study of the abnormal motion of the posterior left ventricular wall during angina pectoris. *Circulation* 46: 905-913, 1972
- 9) Fujino T, Ito M, Horie M, Mashiba H, Hirata T: Ultrasonocardiography of normal adults. *Med Ultrason* 10: 110-112, 1972
- 10) 藤野武彦, 伊東盛夫, 金谷庄蔵, 真柴裕人, 平田経雄: 左室後壁 UCG のトライアングル評価, 日超医誌第24回発表会論文集: 117-1181, 1973
- 11) 藤野武彦, 伊東盛夫, 金谷庄蔵, 真柴裕人, 平田経雄: 諸種疾患に見られた HOCM 様 UCG 所見, 日超医誌第25回発表会論文集: 83-84, 1974
- 12) 藤野武彦, 伊東盛夫, 金谷庄蔵, 真柴裕人, 平田経雄: 肺高血圧症の UCG. 日超医誌第26回発表会論文集: 89-90, 1974
- 13) Garrard CL, Weissler AM, Dodge HT: The relationship of alterations in systolic time intervals in patients with cardiac disease. *Circulation* 42: 455-472, 1970
- 14) Goodman DJ, Harrison DC, Popp RL: Echocardiographic features of primary pulmonary hypertension. *Amer J Cardiol* 33: 483-443, 1974
- 15) Hirata T, Wolfe SR, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. *Amer Heart J* 78: 43-52, 1969
- 16) Isaacs JP, Berglund E, Sarnoff SJ: Ventricular function. III. The pathologic physiology of acute cardiac tamponade studied by means of ventricular function curves. *Amer Heart J* 48: 66-76, 1954
- 17) 伊東盛夫, 藤野武彦, 伊東祐信, 正木秀人, 小田禎一: 心房中隔欠損症のⅡ音と三尖弁開放音について: 術前術後の比較および血行動態との関係. *臨床心音図* 1: 299-307, 1972
- 18) 稲坂 暢, 杉本恒明, 野原哲夫他: 血行動態の評価における左室収縮時間 (STI) 測定の意義. *心臓* 5: 21-34, 1973
- 19) Jacobs JJ, Feigenbaum H, Corya BC, Phylips JF: Detection of left ventricular asynergy by echocardiography. *Circulation* 48: 263-271, 1973
- 20) Kraunz RF, Kennedy JW: Ultrasonic determination of left ventricular wall motion in normal man. Studies at rest and after exercise. *Amer Heart J* 79: 36-43, 1970
- 21) Kraunz RF, Ryan TJ: Ultrasound measurements of ventricular wall motion following administration of vasoactive drugs. *Amer J Cardiol* 27: 464-473, 1971
- 22) Kitasato K, Kimura M, Tokunaga K: Personal communication
- 23) Luisada AA: The sounds of the diseased heart. W. H. Green, Inc., Missouri, 1973
- 24) McDonald IG: Echocardiographic determination of abnormal motion of the interventricular septum in left bundle branch block. *Circulation* 48: 272-280, 1973
- 25) McDonald IG, Feigenbaum H, Chang S: Analysis of left ventricular wall motion by reflected ultrasound. Application to assessment of myocardial function. *Circulation* 46: 14-25, 1972
- 26) McLaurin LP, Gibson TC, Waider WW, Grossman W, Craige E: An appraisal of mitral valve echocardiograms mimicking mitral stenosis in conditions with right ventricular pressure overload. *Circulation* 48: 801-809, 1973
- 27) Metcalfe JM, Woodbury JW, Richard V, Burwell CS: Studies in experimental pericardial tamponade. Effects on intravascular pressures and cardiac output. *Circulation* 5: 518-523, 1952
- 28) Nerlich WE: Determinants of impairment of cardiac filling during progressive pericardial effusion. *Circulation* 3: 377-383, 1951
- 29) 仁村泰治, 久堀周治郎, 別府慎太郎: UCG と左心機能, *日本臨床* 32: 297-305, 1974
- 30) Pathek CL: The relation of pericardial pressure to chronotropic response of isolated frog heart. *Jap Heart J* 15: 299-307, 1974
- 31) Pombo JF, Troy BL, Russell Jr RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* 41: 480-490, 1971
- 32) Popp RL, Wolfe SB, Hirata T, Feigenbaum H: Estimation of right and left ventricular size by ultrasound. *Amer J Cardiol* 24: 523-530, 1969
- 33) Popp RL, Harrison DC: Ultrasonic cardiac echography for determining stroke volume and valvular regurgitation. *Circulation* 41: 493-502, 1972
- 34) Quinones MA, Gaasch WH, Alexander JK: Echocardiographic assessment of left ventricular function with special reference to normalized velocity. *Circulation* 50: 42-51, 1974
- 35) Quinones MA, Gaasch WH, Waisser E, Alexander JK: Reduction in the rate of the mitral valve echo in patients with altered left ventricular diastolic pressure-volume relation. *Circulation* 54: 246-254, 1974

- 36) Sakamoto T, Kaito G, Ueda H: Electrocardiographic and phonocardiographic studies in hypertension. Part II. Phonocardiographic study with special reference to the atrial sound and "Q-I" interval. *Jap Heart J* 1: 213-225, 1960
- 37) Shah PM, Gramiak R, Kramer DH: Ultrasound localization of left ventricular outflow obstruction in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Circulation* 40: 3-11, 1969
- 38) Sharp JT, Bunnell IL, Holland JF, Griffith GT, Greene DG: Hemodynamics during induced cardiac tamponade in man. *Amer J Med* 29: 640-646, 1960
- 39) Spodick DH: Acute cardiac tamponade. Pathologic physiology, diagnosis and management. *Prog Cardiovas Dis* 10: 64-96, 1967
- 40) Spodick DH: Differential diagnosis of acute pericarditis. *Prog Cardiovas Dis* 14: 192-209, 1971
- 41) Tajik AJ, Gau GT, Ritter DG, Schattenberg TT: Echocardiographic pattern of right ventricular volume overload in children. *Circulation* 46: 36-43, 1972
- 42) 上田英雄, 海渡五郎, 坂本二哉: 臨床心音図, 南山堂, 東京, 1963
- 43) Watanabe H, Sakamoto T: Clinical and phonocardiographic study of aortic regurgitation. *Jap Heart J* 2: 7-27, 1961
- 44) Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD: Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 37: 149-159, 1968
- 45) Winters WL Jr: Hemodynamics of pericardial disease. pp 99-112, in "The pericardium and its disorders" edited by Cortes FM, CC Thomas Publ, 1971