

## 収縮性心外膜炎の両心房動態

## Study on right and left atrial dynamics in chronic constrictive pericarditis by esophageal echocardiography

弘山 直滋  
松崎 益徳  
塔間 陽一  
佐々木 徹  
阿武 義人  
高橋陽二郎  
内田 孝子  
民谷 正彰  
村田 敏明  
米沢 文雄  
小川 宏  
松田 泰雄  
久萬田俊明  
楠川 禮造

Naoshige HIROYAMA  
Masunori MATSUZAKI  
Yoichi TOHMA  
Tohru SASAKI  
Yoshito ANNO  
Yohjiro TAKAHASHI  
Takako UCHIDA  
Masaaki TAMITANI  
Toshiaki MURATA  
Fumio YONEZAWA  
Hiroshi OGAWA  
Yasuo MATSUDA  
Toshiaki KUMADA  
Reizo KUSUKAWA

### Summary

In 9 normal subjects (N) and 4 patients with chronic constrictive pericarditis (CP) with normal sinus rhythm, esophageal echocardiography was performed to obtain simultaneous echograms of the right atrial free wall and the interatrial septum, and both atrial dynamics were evaluated.

In spite of increased mean right atrial and mean pulmonary arterial wedge pressures in CP, there were no significant differences in left, right and total atrial end-diastolic dimensions between N and CP. This indicates that there is a decrease in compliance of atrio-pericardial system in CP.

Atrial shortening of both atria during active atria contraction was decreased in CP, while there was no significant difference in atrial dimension measured at the beginning of the active atrial shortening between N and CP. This impaired pump function might be due to increased ventricular late-diastolic pressure or organic change in the atrial muscle. The passive enlargement of both atria was

山口大学医学部 第二内科  
宇部市西区小串 1144 (〒755)

The Second Department of Internal Medicine,  
Yamaguchi University School of Medicine, Kogushi  
1144, Nishi-ku, Ube 755

Presented at the 23rd Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kurume, October 8-10, 1981  
Received for publication March 26, 1982

impaired during atrial filling phase in CP. Thus, it was concluded that in CP the active shortening and passive enlargement of the right and left atria are decreased, and the atria tend to be a conduit.

**Key words**

Right and left atrial dynamics      Chronic constrictive pericarditis      Esophageal echocardiography

**はじめに**

収縮性心外膜炎の心内圧, とくに右房や右室圧波形の異常に関する報告は数多い<sup>1,2)</sup>. 近年, 心エコー図法の急速な発達とともに, 本症における心室中隔の奇異性運動や, 左室後壁の拡張期平坦化等の動態学的異常が報告されるにいたり<sup>3-10)</sup>, 本症に対する診断および病態生理解明上, 多大の進歩が齎された. しかし一方では, 体表面から超音波ビームを投入したのでは心房の検出上困難なことが多いため<sup>11-16)</sup>, 本症の両心房動態についての詳細な検討は皆無であった.

一方, 食道内心エコー図法を使用すれば, 全症例で鮮明な右心房・左心房同時エコー図を記録できる<sup>17)</sup>. したがって, 本手法を使用することによって, 両心房動態の詳細な分析が可能となった.

本研究の目的は, 食道内心エコー図法を用いて, 収縮性心外膜炎例の両心房エコー図を記録し, 本症と健常例との両心房動態の相異を定量的に評価し, 収縮性心外膜炎における両心房の特性について考察を加えることにある.

**対象および方法**

対象は心音図, 心エコー図, 心臓カテーテル検査によって収縮性心外膜炎と確定診断された4例 (Table 1) と, 臨床上心疾患を認めない健常例9例である. 収縮性心外膜炎例は全例男性で, 年齢は32~60歳, 平均48.8歳である. 心電図上全例洞調律を示し, 胸写にて2例に明らかな心膜石灰化像を認めた. 健常例は21~32歳, 平均25.1歳であり, 全例男性である.

装置には Aloka 製 SSD-110S および E for M 製 VR-12 を使用し, Aerotec 製 3.5 MHz, 直径 10 mm, 焦点距離 7.5 cm の食道内 transducer

を用いた. 既報<sup>18-21)</sup> のとおりの前処置および操作にて両心房エコーを検出し, 両心房径が最大となり, 心房中隔と右房前壁が明瞭となる部位にて, 紙送り速度 50 および 100 mm/sec で安静呼気停止位にて, 心電図 II 誘導および心音図と同時に記録した.

計測は左房後壁から心房中隔までの左房径 (LA), 心房中隔から右房前壁までの右房径 (RA) および左房後壁から右房前壁までの総心房径 (total) について行った (Fig. 1). 計測部位は心房拡張末期の径, 心房収縮開始時の径, 心房収縮により最小となった時点の径で, これらの計測値より1心周期における径変化として, 心房拡張末期径より最小径を引いた値, および心房収縮時の fractional shortening として心房収縮による振幅 (すなわち心房収縮開始時の径より最小径を引い

**Table 1. Clinical and hemodynamic data in 4 patients with chronic constrictive pericarditis**

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Age	60	60	32	43
Sex	M	M	M	M
Etiology	TB	Unknown	Unknown	TB
Calcification	Absent	Present	Present	Absent
ECG	SR	SR	SR+SVPC	SR
Pressure (mmHg)				
RA	(12)		(10)	
RV	35/19		21/11	
PA	37/17(22)		23/12(16)	
Pcw	(14)		(12)	
LV	105/18		108/11	
Ao	101/72		103/58	
C.I. (L/min/m <sup>2</sup> )	2.57		3.90	

TB=tuberculosis; SR=regular sinus rhythm; SVPC=supraventricular premature contraction; CI=cardiac index; RA=right atrium; RV=right ventricle; PA=pulmonary artery; Pcw=pulmonary capillary wedge; LV=left ventricle; Ao=aorta.

Numbers in parentheses indicate mean values.

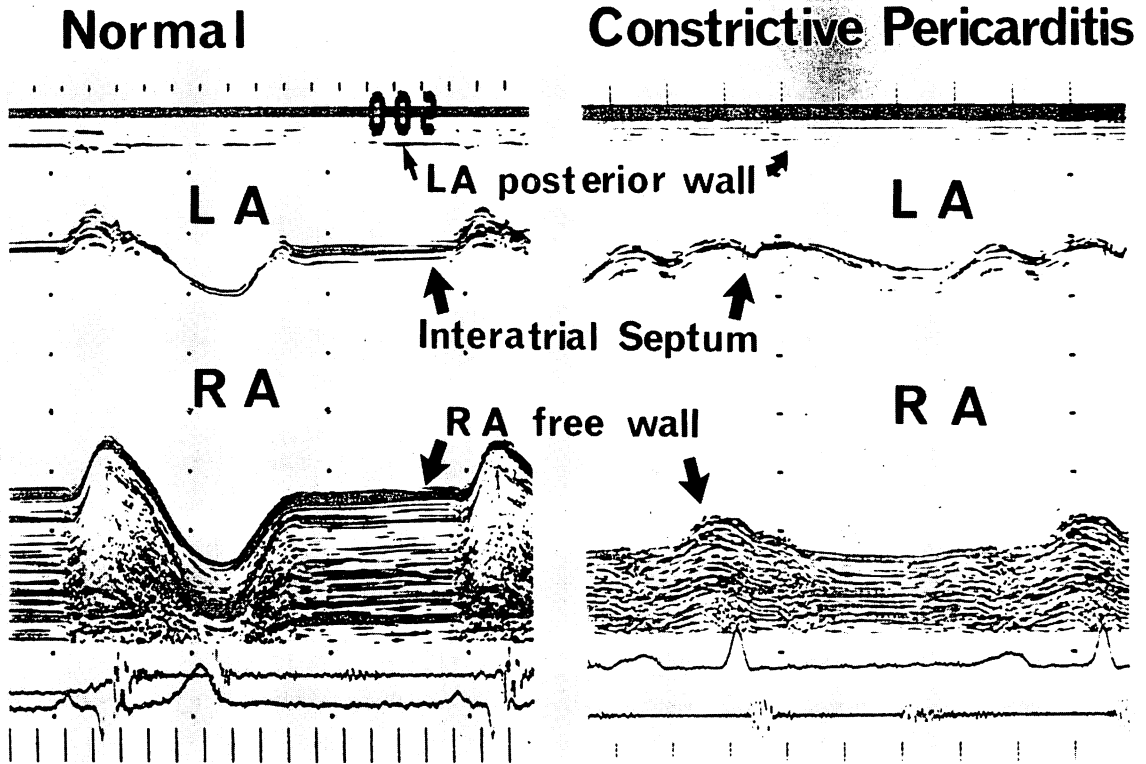


Fig. 1. Esophageal echocardiograms of the right and left atria in a normal subject (left) and a patient with chronic constrictive pericarditis (right).  
LA=left atrium; RA=right atrium.

た値)を心房収縮開始時の径で除した値を求めた。各計測値は連続5心拍の平均値で示した。

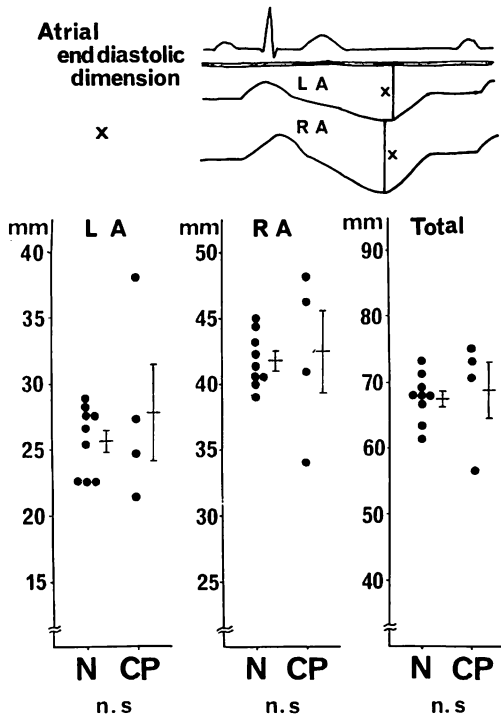
## 結 果

### 1. 両心房エコー図

Fig. 1 (図左)は健常者の食道内心房エコー図である。図のように、健常心では心房中隔と右房前壁(図中 RA free wall)は同じ方向へ動いた。心室の収縮開始から II 音を越える時期に至るまで、左房(図中 LA)および右房(図中 RA)はともに拡大し、食道内心エコー図上、心房中隔および右房前壁は下方(前方)へ向った。その後、心室の急速充満期には両心房ともに急速に容積を減じ、食道内心エコー図上、心房中隔および右房前

壁はともに上方(背方)へ向う動態を示した。心室の緩徐充満期には心房中隔および右房前壁はともに水平に近い動きを示し、左房径および右房径にはほとんど変化がみられず、心房収縮期にいたって、心房中隔および右房前壁は再び急速に上方(背方)へ向い、両房径は減少した。

図右は収縮性心外膜炎の1例を示す。本例では心室収縮期の心房中隔および右房前壁の下方(前方)への動きは低下し、特に心房中隔は心室収縮中期までは平坦であった。心室急速充満期には心房中隔はわずかに上方(背方)へ向うが、右房前壁はほとんど変化せず、心房収縮期に心房中隔および右房前壁はともにわずかに上方(背方)へ向うのみであった。



**Fig. 2. Comparisons of left (LA), right (RA) and total (Total) atrial end-diastolic dimensions between normal subjects (N) and patients with chronic constrictive pericarditis (CP).**

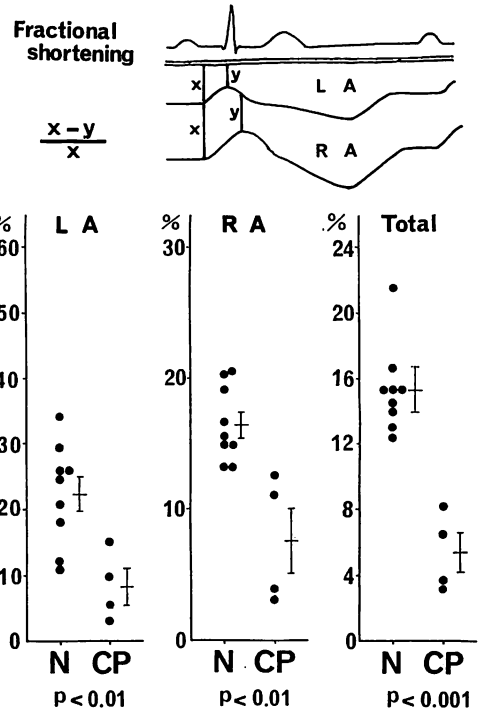
Measurements are done at the time presented by the vertical lines (X) in the upper panel. Measurement of total atrial dimension is done at the same point as right atrial dimension is measured.

**2. 心房拡張末期径 (Fig. 2)**

左房拡張末期径 (LA) は健常者 (N) で  $25.7 \pm 0.8$  mm, 収縮性心外膜炎 (CP) で  $27.9 \pm 3.6$  mm であり, 有意差はなかった. 右房径 (RA) は健常者  $41.8 \pm 0.7$  mm, 収縮性心外膜炎  $42.4 \pm 3.2$  mm, 総心房径 (total) は健常者  $67.5 \pm 1.2$  mm, 収縮性心外膜炎  $68.8 \pm 4.3$  mm で, いずれも両者間に有意差はなかった.

**3. 心房収縮期の fractional shortening (Fig. 3)**

左房では健常者  $22.3 \pm 2.6\%$  に対し, 収縮性心外膜炎では  $8.3 \pm 2.7\%$  と有意な低値を示した ( $p < 0.01$ ). 右房でも, 健常者  $16.4 \pm 1.0\%$  に対して



**Fig. 3. Comparisons of left (LA), right (RA) and total (Total) atrial fractional shortenings between normal subjects (N) and patients with chronic constrictive pericarditis (CP).**

Measurements are done at the time presented by the vertical lines (X, Y) in the upper panel, and fractional shortening is calculated as  $(X - Y) / X$ .

収縮性心外膜炎では  $7.4 \pm 2.4\%$  と低下し ( $p < 0.01$ ), 総心房径においても, 健常者  $15.3 \pm 1.4\%$  に対し収縮性心外膜炎では  $5.4 \pm 1.2\%$  で, 著明に低下していた ( $p < 0.001$ ).

**4. 心房収縮開始時径 (Fig. 4)**

左房は健常者  $18.5 \pm 0.7$  mm, 収縮性心外膜炎  $24.0 \pm 3.8$  mm で有意差なく, 右房も健常者  $40.2 \pm 0.6$  mm に対し収縮性心外膜炎  $41.0 \pm 3.2$  mm と有意差はなかった. 総心房径も, 健常者  $58.8 \pm 1.3$  mm, 収縮性心外膜炎  $65.5 \pm 5.3$  mm で, 有意差はなかった.

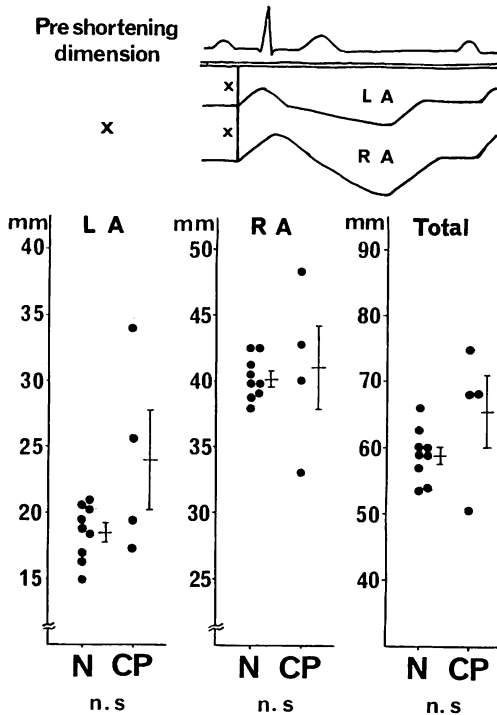


Fig. 4. Comparisons of left (LA), right (RA) and total (Total) atrial dimensions at the beginning of active atrial contraction between normal subjects (N) and patients with chronic constrictive pericarditis (CP).

Measurements are done at the time presented by the vertical lines (X) in the upper panel.

### 5. 1心周期の径変化 (Fig. 5)

両心房最大・最小径の差によって判定される心房拡張期と収縮期の径変化 (excursion) についてみると、左房では健常者  $11.2 \pm 0.6$  mm に比し、収縮性心外膜炎  $5.5 \pm 1.5$  mm ( $p < 0.01$ )、右房でも健常者  $8.2 \pm 0.5$  mm に比し、収縮性心外膜炎  $4.4 \pm 1.5$  mm ( $p < 0.01$ )、また総心房径でも健常者  $17.8 \pm 0.9$  mm に比し、収縮性心外膜炎  $6.9 \pm 1.6$  mm ( $p < 0.001$ ) で、収縮性心外膜炎においてはこれらすべての excursion が有意な低下を示した。

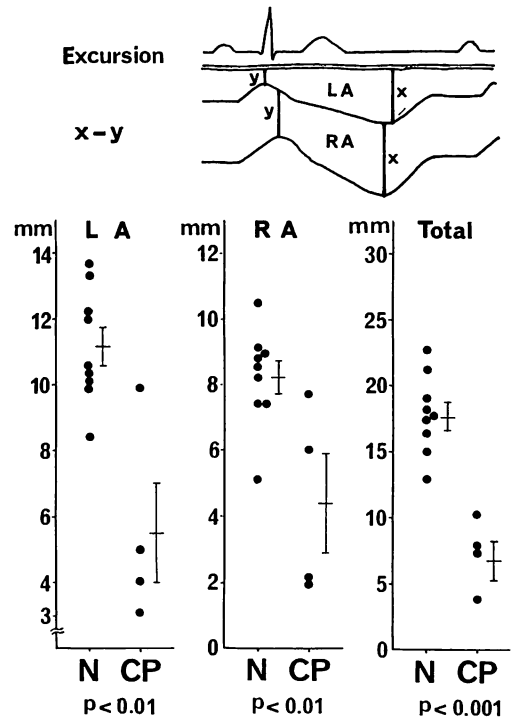


Fig. 5. Comparisons of left (LA), right (RA) and total (Total) atrial excursions between normal subjects (N) and patients with chronic constrictive pericarditis (CP).

Measurements are done at the time presented by the vertical lines (X, Y) in the upper panel, and excursion is calculated as X minus Y.

### 考 察

心房の機能は大別して、能動的心房収縮により心室への血液充満を増強する booster pump 機能、心室収縮期に心房のコンプライアンスに基づいて静脈系からの還流血を貯留する reservoir 機能、心室拡張期に静脈系から心室への導管として働く conduit 機能より成り、これらにより循環系に大きな影響を及ぼす<sup>22)</sup>。しかしながら、現在に至るまで、心房機能についての報告は散見される程度にすぎない<sup>22-30)</sup>。

心エコー図法の発達により心血管系の大部分の観察が可能となったが<sup>11)</sup>、心房が胸骨裏面に位置

するという解剖学的関係より, 従来の体表面からの心エコー図法では, その明瞭な検出の困難なことが多かった<sup>12-16)</sup>. これに対し我々は食道内心エコー図法を開発することにより, 肥満, 高齢者, 骨, 肺組織等超音波ビームの通過を妨げる因子とは無関係に, 全例において左房後壁-心房中隔-右房前壁エコーを明瞭に検出することを可能とし, 両心房動態の経時的分析を行ってきた<sup>17,20,21)</sup>.

心房拡張末期径は心房の受動的充満により心房が拡大した後, 房室弁の開口により心房径が減少し始める時点の径であるが, 収縮性心外膜炎では **Table 1** に示すごとく, 平均右房圧 10~12 mmHg, 平均肺動脈楔入圧 12~14 mmHg と上昇を示すにもかかわらず, 健常例との間に心房拡張末期径に有意差がなかった. これは Lewis ら<sup>31)</sup>, Gaasch ら<sup>32)</sup> に示された本症における心室筋-心外膜複合体コンプライアンスの低下に相応するものである. Suga<sup>30)</sup> はモデル実験にて, 心房のコンプライアンスが低下している状態では, 心房内圧の振幅 および 平均値が上昇して 静脈還流が減少し, また心室拡張期における有効充満圧が低下するために心拍出量も低下すると述べ, 心機能におよぼす心房コンプライアンスの重要性を示した.

心房の唯一の能動的時相である心房収縮期のポンプ機能を表わす fractional shortening は, 収縮性心外膜炎では両心房とも有意な低下を示す一方, 能動的心房収縮 (active shortening) 開始時の心房径には異常を認めないので, このポンプ機能の低下は前負荷に依存していないことになる. 本症では心房収縮の後負荷としての心室拡張期後半の心室圧上昇があり, この後負荷の増大がポンプ機能の低下の一因と考えられる. 他の1つの原因として myocardial factor があるが, Harvey ら<sup>33)</sup> はジギタリスと利尿剤の治療による右室充満圧の低下にさいし, 心拍出量が増加したことにより, 本症の動態には mechanical factor のほかに, この myocardial factor の低下も関与していると報告した. Harrison ら<sup>34)</sup>, Vogel ら<sup>35)</sup> は pericardiectomy 前後の左室機能を検討し, 術直後は

心室充満圧および心拍出量ともに術前と変わらなかったが, 1年後には正常域に回復したので, 本症では myocardium の萎縮あるいは心外膜からの線維組織の侵入により, ポンプ機能が障害されているとした<sup>34)</sup>. Dines ら<sup>36)</sup> は本症患者 11 例の剖検で心筋線維の萎縮を報告した. したがって, 本症の心房においても, 心筋への線維組織の侵入あるいは萎縮によるポンプ機能の低下が考えられる.

一心周期の径変化は (**Fig. 5**), 心房収縮によって心房径が最小となった時点から, 心房の拡張および充満によって心房径が増加し, 心室急速流入開始直前に心房径が最大となる時点までの径変化であるが, これは末梢からの静脈還流血を貯留する心房の reservoir 機能を表わしていると考えられ<sup>26,27)</sup>, 収縮性心外膜炎ではこの機能の低下も示唆された. Lewis ら<sup>31)</sup> によれば, 心臓が外側から束縛された状態にあり, 拡張期圧の上昇にもかかわらず, 心筋線維がそれ以上伸展できない状態であると述べている. さらに心筋内へ線維組織の侵入がある場合は, 心筋自体も心外膜と同様に restrictive element になると述べている.

Preger ら<sup>37)</sup> は左房造影法により左房の容量を算出し, その最大値と最小値から容積変化率を算出した. 本症では一心周期における左房の容積変化および変化率は低下しており, その原因として, 伸展性に乏しい心外膜が心室の弛緩および充満を障害するために atrial emptying も障害されるとする説, 堅い心外膜によって直接心房の伸展および充満が障害されるとする説, 第3に心房筋の萎縮という3つの原因があげられている. 今回我々の使用した食道内心エコー図法は, 一方向の心房径の変化しか観察していないが, 本症における一心周期の径変化の低下は容量変化の低下を推定する上に参考になると考えられる. また, 本症の心房は conduit の傾向にあると考えられる.

Sakakibara<sup>38)</sup>, Shabetai ら<sup>39)</sup> によれば, 本症では心室収縮期と拡張期に (心房圧波形上, v 波と a 波ないしは h 波に一致して) 右房から静脈系へ

の逆流が高率に認められている。この所見は、心房の拡張性の低下による reservoir 機能の低下を示唆するのかもしれない。

Shabetai<sup>40)</sup>, Meaney ら<sup>41)</sup> は本症では心室の diastolic suction が存在すると述べているが、やはりこれも心房のコンプライアンスの低下に基づく reservoir 機能の低下が、左室の有効な充満を困難とすることと関係あるのかもしれない。

本症の心エコー図所見として、Feigenbaum<sup>11)</sup> は左室後壁側心外膜エコー輝度の強い帯状エコーを報告し、Horowitz ら<sup>9)</sup> は心外膜エコーのパターンを3つに分けて、おのおのに病理学的所見を関連づけた。しかし一方、Gibson ら<sup>4)</sup> によれば、手術時に確かめられた心外膜の厚さと、心エコー図上の厚さにはあまり良い相関が得られなかったという。一般に、心外膜の厚さやエコーの intensity は、gain setting によって変化するために、各症例間および同一症例においても各検査間の心外膜エコーの比較をすることは困難である<sup>9)</sup>。我々の4例のうち2例に、胸写にて明らかな石灰化像を認めたが、石灰化像を認めなかった他の2例と比べて、心房エコー図上、右房前壁側の心外膜エコーに特に差はなかった。これはおそらく上述の gain setting の違いによるものと思われる。なお、我々の4例では1例も手術例がなく、術前・術後の心外膜エコーの比較はなされていない。

## 要 約

洞調律を有する収縮性心外膜炎4例と健常例9例を対象として、食道内心エコー図法を用い、左房後壁-心房中隔-右房前壁の心エコー図を記録し、両心房動態について比較検討した。

平均右房圧および平均肺動脈楔入圧の上昇があるにもかかわらず、収縮性心外膜炎では、心房拡張末期径は両心房とも正常域にとどまった。これは収縮性心外膜炎の心房筋-心外膜複合体のコンプライアンスの低下を示唆すると考えられた。

両心房とも、心房収縮による短縮は、収縮性心外膜炎において低下していたが、前負荷としての

収縮開始時径には有意差がなかった。このポンプ機能の低下には、心室拡張期圧の上昇あるいは myocardial factor の関与が考えられた。

収縮性心外膜炎では両心房ともに passive な拡張が低下しており、reservoir 機能の低下が示唆された。

したがって、収縮性心外膜炎の両心房は、active な短縮および passive な拡張がともに低下し、conduit 化の傾向にあると思われる。

## 文 献

- 1) Hansen AT, Eskildsen P, Götzsche H: Pressure curves from the right auricle and the right ventricle in chronic constrictive pericarditis. *Circulation* 3: 881-888, 1951
- 2) Yu PNG, Lovejoy FW Jr, Joos HA, Nye RE Jr, Mahoney EB: Right auricular and ventricular pressure patterns in constrictive pericarditis. *Circulation* 7: 102-107, 1953
- 3) Pool PE, Seagren SC, Abbasi AS, Charuzi Y, Kraus R: Echocardiographic manifestations of constrictive pericarditis: Abnormal septal motion. *Chest* 68: 684-688, 1975
- 4) Gibson TC, Grossman W, McLaurin LP, Moos S, Craige E: An echocardiographic study of the interventricular septum in constrictive pericarditis. *Br Heart J* 38: 738-743, 1976
- 5) Matsuzaki M, Maeda S, Yoroza T, Fukagawa K, Ozaki M, Ikee Y, Sasada T, Mise J, Tanikado O, Shimizu M, Nomoto R: A study of abnormal interventricular septal motion: Influence of position of interventricular septum in end-diastole. *J Cardiology* 7: 153-162, 1977 (in Japanese)
- 6) Candell-Riera J, Garcia del Castillo H, Permanyer-Miralda G, Soler-Soler J: Echocardiographic features of the interventricular septum in chronic constrictive pericarditis. *Circulation* 57: 1154-1158, 1978
- 7) Voelkel AG, Pietro DA, Folland ED, Fisher ML, Parisi AF: Echocardiographic features of constrictive pericarditis. *Circulation* 58: 871-875, 1978
- 8) Chandraratna PAN, Aronow WS: Echocardiographic evaluation of pericardial disease. *Compr Ther* 5: 55-63, 1979
- 9) Horowitz MS, Rossen R, Harrison DC: Echocardiographic diagnosis of pericardial disease. *Am Heart J* 97: 420-427, 1979
- 10) Schnittger I, Bowden RE, Abrams J, Popp RL:

- Echocardiography: pericardial thickening and constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **42**: 388-395, 1978
- 11) Feigenbaum H: Echocardiography, 3rd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981
  - 12) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH: Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. *Radiology* **92**: 939-948, 1969
  - 13) Matsumoto M: Ultrasonic features of interatrial septum: Its motion analysis and detection of its defects. *Jpn Circulat J* **37**: 1383-1402, 1973
  - 14) Tei C, Tanaka H, Kashima T, Nakao S, Tahara M, Kanehisa T: Echocardiographic analysis of interatrial septal motion. *Am J Cardiol* **44**: 472-477, 1979
  - 15) Tei C, Tanaka H, Kashima T, Yoshimura H, Minagoe S, Kanehisa T: Real-time cross-sectional echocardiographic evaluation of the interatrial septum by right atrium-interatrial septum-left atrium direction of ultrasound beam. *Circulation* **60**: 539-546, 1979
  - 16) Tei C, Tanaka H, Nakao S, Yoshimura H, Minagoe S, Kashima T, Kanehisa T: Motion of the interatrial septum in acute mitral regurgitation: Clinical and experimental echocardiographic studies. *Circulation* **62**: 1080-1088, 1980
  - 17) Matsuzaki M, Matsuda Y, Sasaki T, Takahashi Y, Toma Y, Uchida T, Hiroyama N, Sada K, Yorozu T, Kumada T, Kusukawa R: Esophageal echocardiographic examination of the interatrial septum and the right atrial wall. *Jpn Circulat J* **44**: 633, 1980 (abstr)
  - 18) Matsuzaki M, Matsuda Y, Ikee Y, Takahashi Y, Sasaki T, Toma Y, Ishida K, Yorozu T, Kumada T, Kusukawa R: Esophageal echocardiographic left ventricular anterolateral wall motion in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1085-1092, 1981
  - 19) Matsuzaki M, Toma Y, Anno Y, Sasaki T, Takahashi Y, Hiroyama N, Ishida K, Matsuda Y, Kumada T, Kusukawa R: Prediction of the location of left anterior descending coronary artery disease by anterior echocardiography and esophageal echocardiography. *J Cardiology* **11**: 401-414, 1981 (in Japanese)
  - 20) Toma Y, Matsuzaki M, Sasaki T, Anno Y, Takahashi Y, Uchida T, Sada K, Takahashi T, Hiroyama N, Kusukawa R, Tada T, Nakashima A: The effect of the Valsalva and Müller maneuvers on right and left atrial dimensions in man studied by esophageal echocardiography. *J Cardiology* **11**: 477-484, 1981 (in Japanese)
  - 21) Hiroyama N, Matsuzaki M, Sasaki T, Anno Y, Toma Y, Takahashi Y, Uchida T, Tamitani M, Matsuda Y, Kumada T, Kusukawa R: Dynamics of both atria in normal subjects by esophageal echocardiogram. *Kokyu to Junkan* **30**: 1982 (in print) (in Japanese)
  - 22) Payne RM, Stone HL, Engelken EJ: Atrial function during volume loading. *J Appl Physiol* **31**: 326-331, 1971
  - 23) Braunwald E, Frahm CJ: Studies on Starling's law of the heart. IV. observations on the hemodynamic functions of the left atrium in man. *Circulation* **24**: 633-642, 1961
  - 24) Michell JH, Gilmore JP, Sarnoff SJ: The transport function of the atrium: Factors influencing the relation between mean left atrial pressure and left ventricular end diastolic pressure. *Am J Cardiol* **9**: 237-247, 1962
  - 25) Braunwald E, Fishman AP, Cournand A: Time relationship of dynamic events in the cardiac chambers, pulmonary artery and aorta in man. *Circulat Res* **4**: 100-107, 1956
  - 26) Grant C, Bunnell IL, Greene DG: The reservoir function of the left atrium during ventricular systole. *Am J Med* **37**: 36-43, 1964
  - 27) Recordati G, Lombardi F, Malliani A, Brown AM: Instantaneous dimensional changes of the right atrium of the cat. *J Appl Physiol* **36**: 686-693, 1974
  - 28) Brockman SK: Dynamic function of atrial contraction in regulation of cardiac performance. *Am J Physiol* **204**: 597-603, 1963
  - 29) Lau VK, Sagawa K, Suga H: Instantaneous pressure-volume relationship of right atrium during isovolumic contraction in canine heart. *Am J Physiol* **236**: 672-679, 1979
  - 30) Suga H: Importance of atrial compliance in cardiac performance. *Circulat Res* **35**: 39-43, 1974
  - 31) Lewis BS, Gotsman MS: Left ventricular function in systole and diastole in constrictive pericarditis. *Am Heart J* **86**: 23-41, 1973
  - 32) Gaasch WH, Peterson KL, Shabetai R: Left ventricular function in chronic constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **34**: 107-110, 1974
  - 33) Harvey RM, Ferrer MI, Cathcart RT, Richards DW, Cournand A: Mechanical and myocardial factors in chronic constrictive pericarditis. *Circulation* **8**: 695-707, 1953
  - 34) Harrison EC, Crawford DW, Lau FYK: Sequential left ventricular function studies before and after pericardiectomy for constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **26**: 319-323, 1970



- 35) Vogel JH, Horgan JA, Strahl CL: Left ventricular dysfunction in chronic constrictive pericarditis. *Chest* **59**: 484-422, 1971
- 36) Dines DE, Edwards JE, Burchell HB: Myocardial atrophy in constrictive pericarditis. *Proc Staff Meet Mayo Clin* **33**: 93-99, 1958
- 37) Preger L, Dayem MKA, Goodwin JF, Steiner RE: Angiocardiographic studies of pericardial disease. *Lancet* **ii**: 701-706, 1965
- 38) Sakakibara H: Application of the ultrasonic technique for the pathophysiological analysis of the pericardial disease. *Jpn Circulat J* **42**: 139-148, 1978
- 39) Shabetai R, Fowler NO, Guntheroth WG: The hemodynamics of cardiac tamponade and constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **26**: 480-489, 1970
- 40) Spodick DH: *Pericardial Diseases*. FA Davis, Philadelphia, 1976, p 67-89
- 41) Meaney E, Shabetai R, Bhargava V, Shearer M, Weidner C, Mangiardi LM, Smalling R, Peterson K: Cardiac amyloidosis, constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy. *Am J Cardiol* **38**: 547-556, 1976