

僧帽弁疾患における心房中
隔動態：心窩部超音波アプ
ローチによる検討

Subcostal echocardiographic approach to the interatrial septum in mitral valvular diseases

柳沢 潔
南木 道生
伊藤 健一
横井 清
松原 達昭
一宮 恵
渡口真佐夫
日比 範夫
西村 欣也
神戸 忠

Kiyoshi YANAGISAWA
Michio NANKI
Ken-ichi ITOH
Kiyoshi YOKOI
Tatsuaki MATSUBARA
Satoshi ICHIMIYA
Masao TOGUCHI
Norio HIBI
Kinya NISHIMURA
Tadashi KAMBE

Summary

The motion of the interatrial septum (IAS) was analyzed in 45 patients with mitral valvular diseases by M-mode samplings from the subcostal cross-sectional echocardiogram. The patients were divided into three groups: 27 with mitral stenosis (MS), 10 with mitral stenosis and regurgitation (MSR) and 8 with mitral regurgitation (MR) including 3 with chronic rheumatic MR, 3 with mitral valve prolapse and 2 with ruptured chordae tendineae. Eight normal subjects were also examined for the control.

In normal subjects, the IAS maximally moved toward the right atrium in early diastole (v wave), retreating toward the left atrium maximally in end-diastole. The v wave amplitude of the IAS was 9.3 ± 0.9 mm.

The IAS amplitude in MS patients was 6.8 ± 2.3 mm, which was significantly smaller than that in MR patients (11.1 ± 3.1 mm) ($p < 0.001$). Out of the 8 MR patients, one with ruptured chordae tendineae due to bacterial endocarditis had the largest amplitude of the IAS (17.3 mm), whereas another with ruptured chordae tendineae showed the smallest one (8.1 mm). Compared to cases with chronic rheumatic MR, those with mitral valve prolapse tended to have a larger IAS amplitude.

Furthermore, the ratio of left atrial cyclic volume change to left atrial maximum volume obtained from the cineangiogram was well correlated with the IAS amplitude in 19 patients ($r = 0.80$), suggesting that the larger the left atrium and the smaller its volume change are, the smaller the IAS amplitude is.

The early diastolic descent ratio of the IAS was defined as $X = (A_1 - A_2) / A_1 \times 100\%$, in which A_1

名古屋大学医学部 第三内科
名古屋市昭和区鶴舞町 65 (〒466)

The Third Department of Internal Medicine, School
of Medicine, Nagoya University, Tsurumai-cho 65,
Showa-ku, Nagoya 466

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, October 14-15, 1980
Received for publication December 25, 1980

gave the v wave amplitude of the IAS and A₂ the IAS amplitude 0.1 second after v wave. It was 14.0 ± 6.0% in MS, 27.9 ± 10.2% in MSR and 50.7 ± 8.0% in MR, respectively. There was a significant difference among the three groups (p < 0.001). Out of the 10 patients with MSR, 7 with predominant MS was inclined to have a smaller X than the remaining 3 with predominant MR.

Therefore, the motion of the IAS in mitral valvular diseases is thought to reflect the mode of production of left atrial overload.

Key words

Subcostal echocardiography Interatrial septal motion Mitral valvular diseases Left atrial volume

はじめに

心臓超音波検査法は心臓の構造や各組織の動態を観察するのに非常に有用な方法であるが、心房中隔の動態を心周期にわたって検討した報告は少ない¹⁻⁴⁾。

左房負荷を示す僧帽弁疾患においては、心窩部から超音波ビームが心房中隔と直交するため、その運動を分析することが可能である。

本研究の目的は左房負荷の相違がいかに関房中隔動態に影響を及ぼすかを、心房中隔の運動様式、振幅、拡張早期動態と cineangiogram から求めた左房容積の面から検討し、僧帽弁疾患における心窩部超音波アプローチの有用性を評価することである。

対 象

対象は超音波ビームが心房中隔とほぼ直交し、明瞭な心房中隔運動が記録された45例の僧帽弁疾患であり、男性14例、女性31例で、年齢は12~71歳(平均年齢43.2歳)である。対照として健常者8例も同様の記録を行った (Table 1)。

僧帽弁狭窄症 (MS) は27例で、洞調律14例、心房細動13例で7例の再狭窄を含む。僧帽弁閉鎖不全症 (MR) は8例で、洞調律3例、心房細動5例でその内訳はリウマチ性3例、僧帽弁逸脱3例、腱索断裂2例である。僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 (MSR) は10例で、洞調律1例、心房細動9例で7例は狭窄優位、3例は閉鎖不全優位であった。

診断は手術、心臓カテーテル検査、心音図、超

Table 1. Case materials

	No.	M	F	Age (mean)
Mitral stenosis	27	9	18	24-71 y.o. (45.4)
Mitral stenosis & regurgitation	10	3	7	29-55 y.o. (42.6)
Mitral regurgitation	8	2	6	12-61 y.o. (36.8)
Normal	8	4	4	6-54 y.o. (33.5)

音波断層法などにより行い、三尖弁閉鎖不全症の合併が認められた症例は、対象より除外した。なお45例中12例に大動脈弁閉鎖不全症 (Sellers 1°) の合併が認められた。

装置と方法

装置は東芝製セクター電子走査型心断層装置 SSH-11A を使用し、記録は Honeywell 製 strip chart recorder を用いて紙送り速度 50, 100 mm/sec で記録した。

方法は心窩部からの four chamber view を基準にして、探触子の位置および角度を変えて、超音波ビームと心房中隔の中央がほぼ直交するような断面を観察しながら、心房中隔の M-mode 心エコー図をサンプリングした (Fig. 1 上段)。

健常者の心房中隔の振幅は 9.3 ± 0.9 mm で、心房収縮および心室収縮初期にそれぞれ右房側へ凸の a, c 波を形成した後、緩徐な勾配で上昇して拡張早期に頂点 (v 波) に達する。頂点からの下降は急速で、つぎの平坦な時期を経て再び a 波に戻る (Fig. 1 下段)。

そこで Fig. 2 のごとく、心房中隔の頂点 v 波の振幅 (A₁)、およびそれより 0.1 秒後の振幅 (A₂)

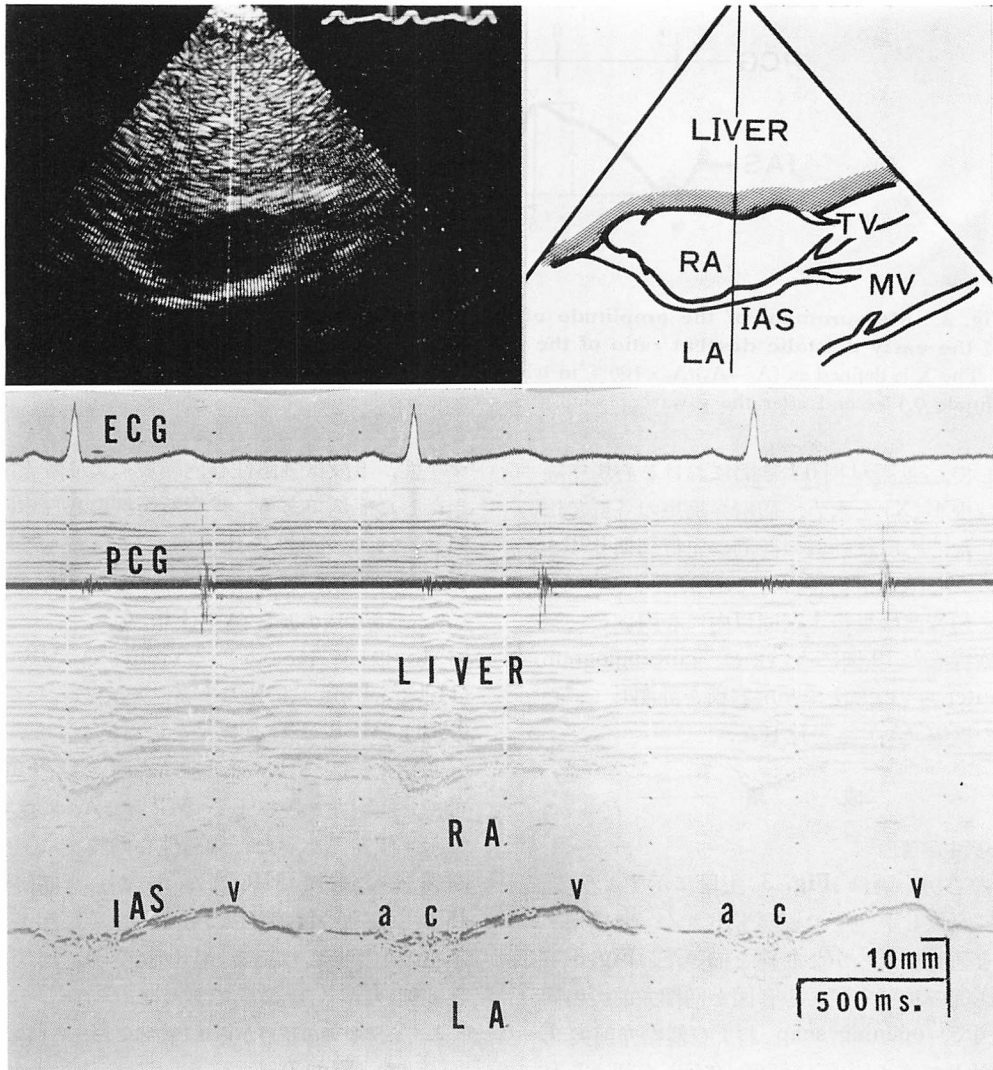


Fig. 1. Echocardiogram from a normal subject.

Cross-sectional echocardiogram (upper left panel) and its schematic representation (upper right panel) showing the path of the ultrasonic beam during a subcostal examination. Lower panel shows a typical M-mode echocardiogram of the interatrial septum (IAS). The IAS moves toward the right atrium following c wave (onset of ventricular systole) to v wave (in early diastole), retreating rapidly toward the left atrium. A further retreat (a wave) corresponding to atrial contraction follows the relatively flat motion.

RA=right atrium; LA=left atrium; TV=tricuspid valve; MV=mitral valve.

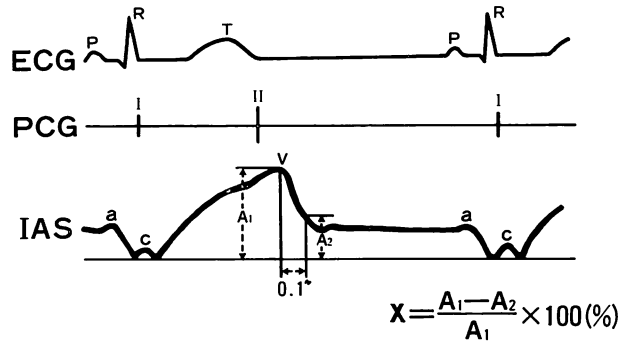


Fig. 2. Measurement of the amplitude of the interatrial septum (IAS) and calculation of the early diastolic descent ratio of the IAS (X).

The X is defined as $(A_1 - A_2) / A_1 \times 100\%$ in which A_1 gives the v wave amplitude and A_2 the amplitude 0.1 second after the v wave.

を計測して、拡張早期 0.1 秒間における心房中隔の振幅減少率 (X) を求め、僧帽弁疾患の各群で比較検討した。心房細動例の計測は先行周期 0.70~0.90 秒の 5 心拍の平均をとった。

さらに超音波検査後 1 週間以内に心臓カテーテル法を施行した 19 例については、cineangiogram から Sauter ら⁵⁾の方法で左房容積を計測して、心房中隔の振幅 (A_1) と対比した。

成 績

1. 心房中隔運動

MS の心房中隔は Fig. 3 上段に示すように、右房側に偏位しかつその振幅も小さく、収縮期・拡張期を通じなだらかな曲線を描いた。Fig. 3 下段は同症例の心房中隔、心音図と僧帽弁前尖の同時記録図で、opening snap および僧帽弁前尖 E 点に一致して心房中隔に切痕 (矢印) が認められた。

Fig. 4 は上・下段とも、Sellers 2° の逆流を示した僧帽弁逸脱による MR 例の心房中隔エコー図である。心房中隔の振幅はそれぞれ異なっているが、前例の MS (Fig. 3) に比し振幅は増大し、頂点からの下降も急峻である。

Fig. 5 は上・下段とも Sellers 3° の逆流を示した MR 例の心房中隔エコー図で、上段はリウ

マチ性、下段は細菌性心内膜炎により腱索断裂をきたした症例である。腱索断裂例の心房中隔の振幅は、リウマチ性に比し増大し c 波も不明瞭であった。

2. 心房中隔の振幅 (A_1) (Fig. 6)

MS の A_1 は 6.8 ± 2.3 mm で MR の A_1 (11.1 ± 3.1 mm) に比し有意に小であったが ($p < 0.001$), MSR とは有意差を認めなかった。

リウマチ性 MR の A_1 は 3 例とも 9 mm 前後で、僧帽弁逸脱による MR の A_1 に比し低値を示す傾向にあった。細菌性心内膜炎により腱索断裂をきたした MR 例の A_1 が、今回検討した 45 例中最高の振幅 (17.3 mm) を示したが、原因不明の腱索断裂による MR 例の A_1 は 8.1 mm と 8 例の MR 中最低であった。

3. 心房中隔の頂点から 0.1 秒間における振幅減少率 (X) (Fig. 7)

MS, MSR および MR の X はそれぞれ $14.0 \pm 6.0\%$, $27.9 \pm 10.2\%$, $50.7 \pm 8.0\%$ で各群間で有意な差を認めた (それぞれ $p < 0.001$)。MSR 例のうち閉鎖不全位例の X は、狭窄優位例より高値を示す傾向にあった。

4. 心房中隔の振幅 (A_1) と左房容積変化率との比較 (Fig. 8)

19 例の僧帽弁疾患について、肺動脈あるいは左

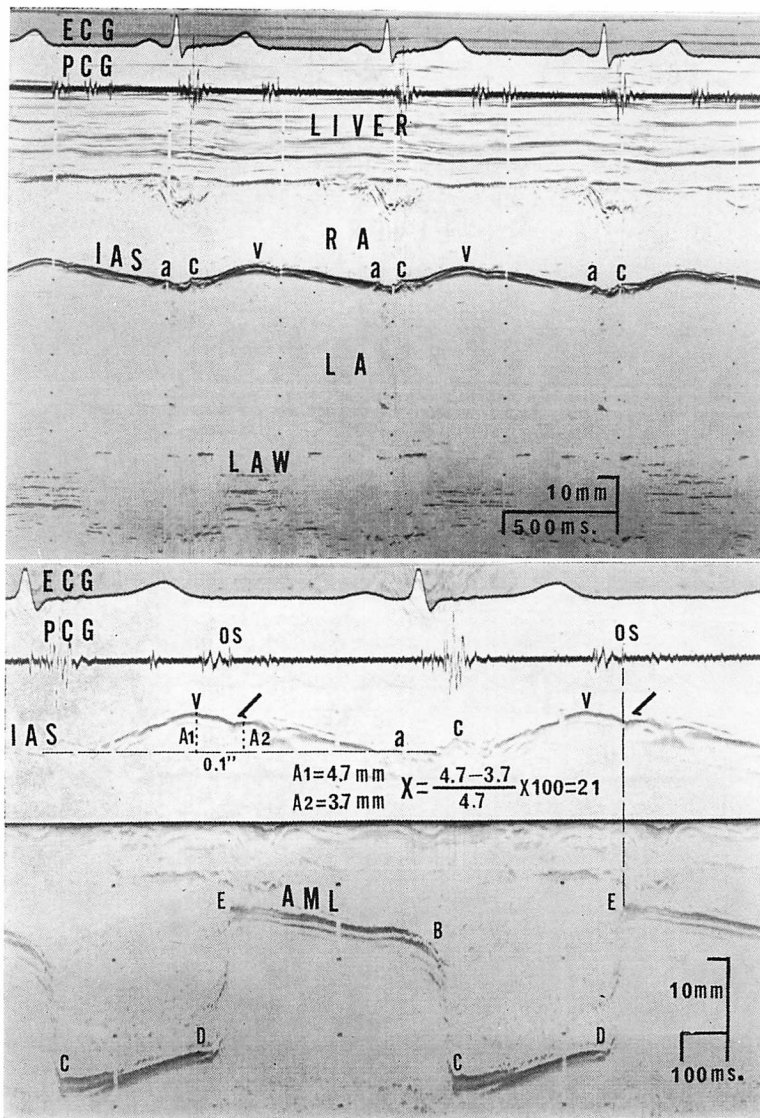


Fig. 3. M-mode echocardiogram of the interatrial septum (IAS) from a patient with mitral stenosis.

Upper panel shows the diminished amplitude of the IAS. Simultaneous recording (lower panel) of the IAS, anterior mitral leaflet (AML) and phonocardiogram shows the incisura of the IAS (arrow) corresponding to E point of AML and opening snap (OS). A₁, A₂ and X are measured, as shown in the lower panel.

RA=right atrium; LA=left atrium; LAW=left atrial wall. Other abbreviations are the same as shown in Fig. 1.

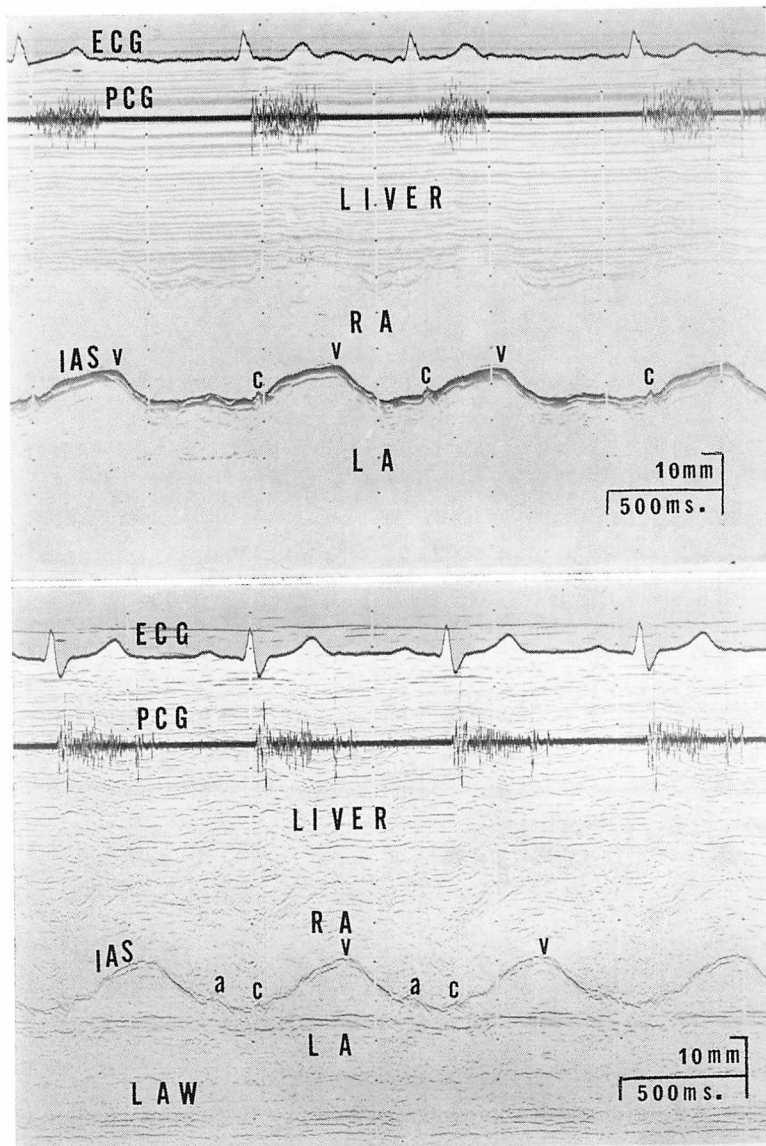


Fig. 4. M-mode echocardiograms of the interatrial septum (IAS) from two patients with mitral valve prolapse (both Sellers II° MR).

A more rapid retreat from the v wave with high IAS amplitude is recognized in both cases compared to the MS patient in Fig. 3. Abbreviations: see in Figs. 1 and 3.

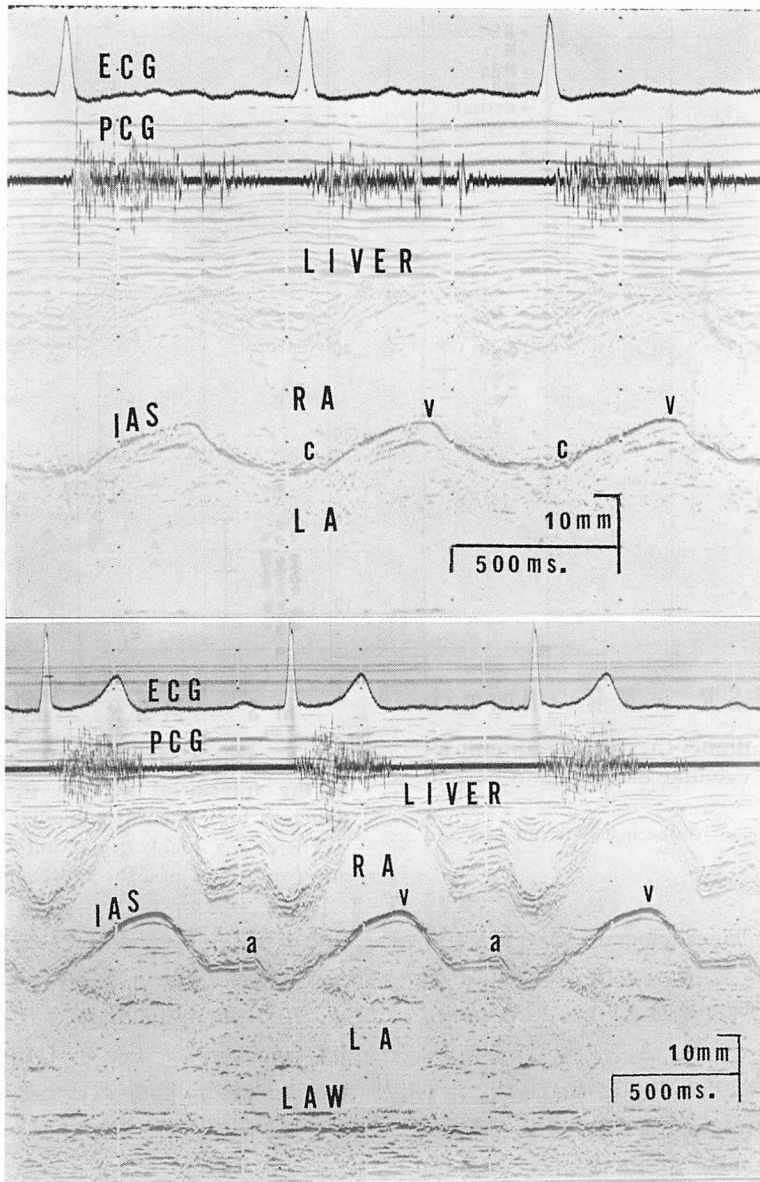


Fig. 5. M-mode echocardiograms of the interatrial septum (IAS) from two patients with grade III^o mitral regurgitation (MR).

A patient with ruptured chordae tendineae due to bacterial endocarditis (lower panel) shows a larger IAS amplitude without c wave than that in a case with chronic rheumatic MR (upper panel).
Abbreviations: see in Figs. 1 and 3.

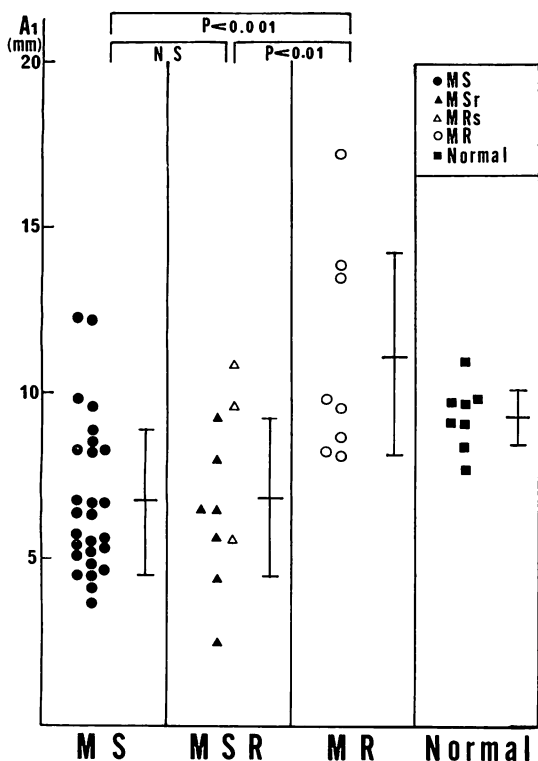


Fig. 6. The amplitude (A_1) of the interatrial septum in mitral valvular diseases and normal subjects.

There is a significant difference between MS and MR ($p < 0.001$).

室注入による左房 cineangiogram から最大左房容積 (LAVmax) と最小左房容積 (LAVmin) を計測して、左房容積変化率 $(LAVmax - LAVmin) / LAVmax \times 100\%$ を求め、 A_1 との相関をみると、両者の間には $r = 0.80$ の正相関が認められた。すなわち A_1 は左房容積と左房容積変化量の2つが関与し、左房が拡大し、左房容積変化の少ない症例ほど、心房中隔の振幅は低値となることを示した。

考 察

1. 心房中隔運動の観察

超音波にて心房中隔の運動を心周期にわたって

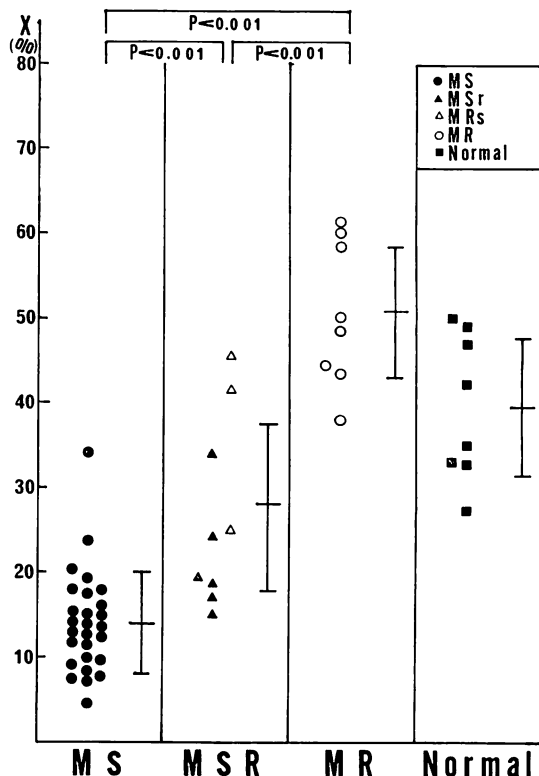


Fig. 7. The early diastolic descent ratio (X) of the interatrial septum in mitral valvular diseases and normal subjects.

There is a highly significant difference between any two groups of MS, MSR and MR ($p < 0.001$).

観察する場合、通常の胸骨左縁からのアプローチでは超音波ビームと心房中隔とが直交しないため、超音波投入部位が制限される。

Gramiak ら¹⁾、Tei ら²⁾は胸骨右縁に、松本³⁾は胸骨左縁に、松崎ら⁴⁾は食道内に探触子を置いて心房中隔の運動を観察している。

心窩部超音波アプローチはおもに小児科領域でその有用性が高く評価されているが^{6,7)}、左房負荷を示す僧帽弁疾患でも超音波ビームと心房中隔とが直交するため、その運動を検討することが可能であった。しかし、この方法にも限界が認められ、極度な肝腫大を伴う例、肥満者、左房拡大が軽度な例では心房中隔エコーが十分観察できず、不鮮

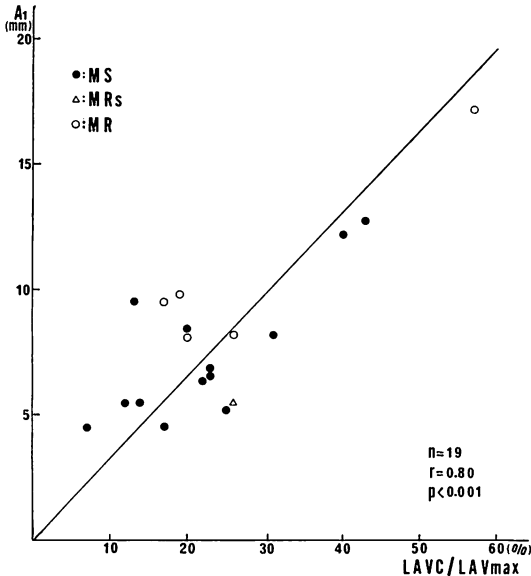


Fig. 8. Correlation between A_1 and LAVC/LAVmax obtained from the cineangiograms of 19 patients.

There is a high correlation between A_1 and LAVC/LAVmax ($r=0.80$). A_1 =amplitude of the interatrial septum; LAVC=left atrial maximum volume-left atrial minimum volume; LAVmax=left atrial maximum volume.

明な記録となり、また心房中隔と超音波ビームが直交しないなどのため、今回の検討から除外された。

2. 心房中隔の振幅 (A_1)

Tei ら⁵⁾は胸骨右縁からの超音波アプローチにて、左房負荷および右房負荷を示す幾つかの疾患の心房中隔を観察し、心房中隔の運動はおもに左右心房間の圧較差によって規定されると説明している。僧帽弁疾患における心房中隔の運動はおもに左房負荷を反映していると考えられるが、今回の我々の観察では心房中隔の振幅と肺動脈楔入圧、あるいはその脈圧との間に有意な関係が認められなかった。すなわち MS 例の心房中隔の振幅は健常者に比し低値を示したが、肺動脈楔入圧の高い症例でも低値を示すとは限らず、また心房

中隔の振幅と肺動脈楔入圧の脈圧との相関は $r=0.20$ であった。

Hawley ら⁸⁾, Kennedy ら⁹⁾によれば、僧帽弁疾患の左房容積は正常者に比し増大し、なかでもリウマチ性 MR の左房は拡大が強く、腱索断裂による急性 MR の左房はそれほど拡大を示さない。左房容積変化については、リウマチ性 MR がもっとも大で、腱索断裂による急性 MR ではそれほど大きな変化を示さず、MS に至っては正常者と同程度の左房容積変化しか示さなかった。

今回 19 例の僧帽弁疾患の cineangiogram から計測した左房容積および左房容積変化も、彼らと同様の所見を示し、MS では左房が拡大していたが左房容積変化が少ないため、心房中隔の振幅は低値となり、リウマチ性 MR では左房が拡大していたが、左房容積変化も大であったので、心房中隔の振幅は MS に比し高値を示した。2 例の腱索断裂による MR 例のうち、細菌性心内膜炎による症例の心房中隔の振幅は、左房の拡大が強くないため相対的に左房容積変化が大となって高値を示したが、原因不明の腱索断裂の症例では左房の拡大が強かったため、心房中隔の振幅は高値とならなかった。

以上のように心房中隔の振幅は左房容積と左房容積変化量の 2 つが関与していた。

3. 心房中隔の頂点から 0.1 秒間における振幅減少率 (X)

Bruns¹⁰⁾, Strunk ら^{11,12)}は左房造影から正常者の左房の emptying は、rapid emptying, conduit, atrial systole の 3 時相に分かれ、rapid emptying phase は僧帽弁開放後の心室拡張期の最初の 1/3 時期に起こると報告し、さらに Hammermeister ら¹³⁾は MS や冠動脈疾患では拡張早期の左房から左室への流入が障害されていると報告している。

心房中隔の頂点から 0.1 秒間は左房の rapid emptying phase に含まれるため、この間の心房中隔の振幅減少率 (X) は左房から左室への急速流入状態を反映していると考えられ、MS と MR

とをよく分離したが, 左房壁の一部と見なされる心房中隔の性状や左室の compliance 等の影響も受けているため, なお検討の余地がある.

要 約

心窩部超音波アプローチにて45例の僧帽弁疾患の心房中隔動態を検討した.

僧帽弁狭窄症 (MS) は27例で, 7例の再狭窄を含む. 僧帽弁閉鎖不全症 (MR) は8例で, その内訳はリウマチ性3例, 僧帽弁逸脱3例, 腱索断裂2例である. 僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症 (MSR) は10例で, 7例が狭窄優位, 3例が閉鎖不全優位であった. なお対照として, 健常者8例も同様の検討を行った.

1. 心房中隔の振幅 (A_1)

健常者の心房中隔は拡張早期に最も右房側に偏位し (v 波), 拡張末期に最も左房側へ偏位を示した. その最大振幅 (A_1) は 9.3 ± 0.9 mm であった.

MS, MSR, MR の A_1 はそれぞれ 6.8 ± 2.3 mm, 6.8 ± 2.4 mm, 11.1 ± 3.1 mm で MS は MR に比し有意に小であったが ($p < 0.001$), MSR とは有意差を認めなかった.

2. 心房中隔の振幅 (A_1) と左房容積変化率との比較

19例の僧帽弁疾患の cineangiogram から最大左房容積 (LAVmax) と最小左房容積 (LAVmin) を計測して,

左房容積変化率 =

$$(LAV_{\max} - LAV_{\min}) / LAV_{\max}$$

を求め, A_1 との相関をみると, 両者の間には $r = 0.80$ ($p < 0.001$) の正相関が認められた. すなわち心房中隔の振幅には左房容積および左房容積変化量の2つが関与し, 左房が拡大し左房容積変化の少ない症例ほど, 低振幅となることを示した.

3. 心房中隔の頂点から0.1秒間における振幅減少率 (X)

心房中隔の頂点 (v 波) の振幅 A_1 とそれより0.1秒後の振幅 A_2 から, 拡張早期0.1秒間における心房中隔の振幅減少率 (X) をつぎのように求めた.

$$X = (A_1 - A_2) / A_1 \times 100\%$$

MS, MSR, MR の X はそれぞれ $14.0 \pm 6.0\%$, $27.9 \pm 10.2\%$, $50.7 \pm 8.0\%$ で3者間に有意差を認めた ($p < 0.001$). MSR 例のうち狭窄優位例の X は閉鎖不全優位例の X より低値を示す傾向にあった.

以上, 僧帽弁疾患の心房中隔は左房負荷状態を反映し, とくに拡張早期の心房中隔動態は左房の rapid emptying の違いをよく反映していた.

文 献

- 1) Gramiak R, Shah PM, Kramer DH: Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. Radiology **92**: 939, 1969
- 2) Tei C, Tanaka H, Kashima T, Nakao S, Tahara M, Kanehisa T: Echocardiographic analysis of interatrial septal motion. Am J Cardiol **44**: 472, 1979
- 3) Matsumoto M: Ultrasonic features of interatrial septum: Its motion analysis and detection of its defect. Jpn Circulat J **37**: 1383, 1973 (in Japanese)
- 4) Matsuzaki M, Matsuda Y, Sasaki T, Takahashi Y, Toma Y, Uchida T, Hiroshima 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** (Suppl): 633, 1980
- 5) Sauter HJ, Dodge HT, Johnston RR, Graham TP: The relationship of left atrial pressure and volume in patients with heart disease. Am Heart J **67**: 635, 1964
- 6) Bierman FZ, Williams RG: Subxiphoid two-dimensional imaging of the interatrial septum in infants and neonates with congenital heart disease. Circulation **60**: 80, 1979
- 7) Satomi G, Iwasa M, Nakamura K, Minami Y, Adachi F, Takao A: Subxiphoid frontal approach of two-dimensional echocardiography. J Cardio-ography **10**: 213, 1980 (in Japanese)
- 8) Hawley RR, Dodge HT, Graham TP: Left atrial volume and its changes in heart disease. Circulation **34**: 989, 1966
- 9) Kennedy JW, Yarnall SR, Murray JA, Figley MM: Quantitative angiocardiology. IV. Relationships of left atrial and ventricular pressure and volume in mitral valve disease. Circulation **41**: 817, 1970
- 10) Bruns HA: Left atrial function studied by cine-

- angiocardiographic volume determinations. II. Clinical application. *Am J Roentgenol* **110**: 467, 1970
- 11) Strunk BL, Fitzgerald JW, Lipton M, Popp RL, Barry WH: The posterior aortic wall echocardiogram. Its relationship to left atrial volume change. *Circulation* **54**: 744, 1976
- 12) Strunk BL, London EJ, Fitzgerald J, Popp RL, Barry WH: The assessment of mitral stenosis and prosthetic mitral valve obstruction, using the posterior aortic wall echocardiogram. *Circulation* **55**: 885, 1977
- 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