

右心負荷時における心室中
隔収縮動態と右心機能：断
層心エコー図による検討

Contraction of the inter-
ventricular septum in
right ventricular over-
load studied by two-
dimensional echocardi-
ography

宮森 亮子
半田俊之介
岩永 史郎
和井内由充子
赤石 誠
小川 聡
中村 芳郎

Ryoko MIYAMORI
Shyunnosuke HANDA
Shiro IWANAGA
Yumiko WAINAI
Makoto AKAISHI
Satosi OGAWA
Yoshiro NAKAMURA

Summary

This study clarified the relationship between right ventricular (RV) overload and contraction of the interventricular septum using two-dimensional echocardiography. Seventeen patients with atrial septal defect (RV systolic pressure: 36 ± 14 mmHg), 13 with mitral stenosis (49 ± 19 mmHg), nine with primary pulmonary hypertension (87 ± 21 mmHg) and 17 normal subjects (23 ± 3 mmHg) were evaluated using two-dimensional echocardiography and cardiac catheterization. The circumferential lengths of the septum (Civs) and the left ventricular (LV) free wall (Cfw) were measured in the LV short-axis view at the level of the papillary muscles.

In normal subjects, Civs was 3.4 ± 0.5 cm and Civs/Cfw was 0.40 ± 0.07 . All patients with RV overload had longer Civs and greater Civs/Cfw as compared with the normal subjects. There was no significant difference in the Cfw among the cases with mitral stenosis and primary pulmonary hypertension and the normal subjects. Cfw in atrial septal defect was shorter than in the normal subjects. The percent contraction of Civs was decreased in mitral stenosis and primary pulmonary hypertension as compared with the normal subjects. No significant difference was found in the percent contraction of Civs between the normal subjects and the 11 patients with atrial septal defect with normal RV systolic pressure. However, in six patients with atrial septal defect with high RV systolic pressure, the percent contraction of Civs was decreased. There was an inverse correlation between RV systolic pressure and the percent contraction of Civs ($r = -0.39$, $p < 0.01$), and RV ejection fraction ($r = -0.52$, $p < 0.01$) defined by multiplegated equilibrium scintigraphy. There was a positive correlation between the percent contraction of Civs and RV ejection fraction.

慶応義塾大学医学部 内科, 呼吸循環科
新宿区信濃町 35 (〒160)

Cardiopulmonary Division, Department of Medicine,
Keio University School of Medicine, Shinanomachi
35, Shinjuku-ku, Tokyo 160

Received for publication August 8, 1986; accepted September 18, 1986 (Ref. No. 32-K1)

The contractility of the interventricular septum defined by this method was considered a useful index of RV overload.

Key words

Contraction of the interventricular septum Two-dimensional echocardiography Right ventricular overload

はじめに

慢性右心負荷疾患において左室の短軸面に扁平化現象がおこることは、断層心エコー図¹⁻⁴⁾をはじめとして、左室造影、タリウム心筋シンチグラム⁵⁾などにより知られている。我々は左室形態の変化を定量化し、右室圧を推測する非侵襲的方法として、断層心エコー図法を用いてきた^{6,7)}。さらに同様の方法で扁平化した左室の収縮様式を検討し、左室の asynergy, あるいは左室 performance の右室化ともいうべき特徴を報告した⁸⁾。今回、断層心エコー図の左室短軸面における心室中隔の収縮動態を解析し、健常時には主として左室の一部としてその機能を担っている心室中隔が、右心負荷の増強により、その収縮が右室の機能に加担する様相を示そうと試みた。

対 象

胸痛・心電図異常などのため心臓カテーテル検査を施行したが、器質的心疾患を認めなかった17例を健常対照例(20~60歳)とした。慢性右心負荷疾患例として、心房中隔二次孔欠損症17例(17~60歳)、純型僧帽弁狭窄症13例(33~63歳)、原発性肺高血圧症9例(17~43歳)を対象とした(Table 1)。全例に心臓カテーテル検査を施行し、血行力学的計測ならびに左室・冠動脈造影を行った。右室収縮期圧は、健常例で 23 ± 3 (平均±標準偏差) mmHg, 心房中隔欠損症で 36 ± 14 mmHg, 僧帽弁狭窄症で 49 ± 19 mmHg, 原発性肺高血圧症で 87 ± 21 mmHgであった。

心電図同期平衡時心プルスキャン法をこのうち31例に施行した。対象は健常者7例、心房中隔欠損症8例、僧帽弁狭窄症12例、原発性肺高血圧症4例であった。

方 法

1. 断層心エコー図法

断層心エコー図法は心臓カテーテル検査の48時間以内に施行した。患者をわずかに左側臥位にして、第3ないし第5肋間胸骨左縁より左室長軸と直角をなす方向に超音波ビームを投入し、乳頭筋レベルの左室短軸面を描出した。ビームが斜めにはいり、左室断面をゆがめて描出することを避けるために、前後乳頭筋の断面積が等しくなるようにトランスデューサーの向きを調節した。心電図上のQRSの始まりを拡張末期とし、左室腔が最小となる場所を収縮末期とした。断層心エコー図上の心室中隔の機能の指標として、中隔の長さの中隔の収縮率、左室の機能の指標として、左室自由壁の長さの中隔の収縮率を求めた。

各指標の計測方法を Fig. 1 に示した。心室中隔の右室面と、右室の前壁および後壁の接合部で、その点における接線に対して垂線を下し、左室心内膜面との交点を求めた。2つの交点間の円周方向上の長さを、それぞれ中隔の長さ C_{ivs}, 左室自由壁の長さ C_{fw} とした。拡張末期の長さから収縮末期の長さを差し引き、拡張末期の長さで

Table 1. Subjects

	Sex (M/F)	Age (years)	RVSP (mmHg)	RVEDP (mmHg)
Control	8/9	20-66	23±3	4±2
ASD	7/10	17-60	36±14	6±2
MS	4/9	33-63	49±19	6±5
PPH	1/8	17-43	87±21	12±5

ASD=atrial septal defect; F=female, MS=mitral stenosis; M=male; PPH=primary pulmonary hypertension; RVEDP=right ventricular end-diastolic pressure; RVSP=right ventricular systolic pressure.

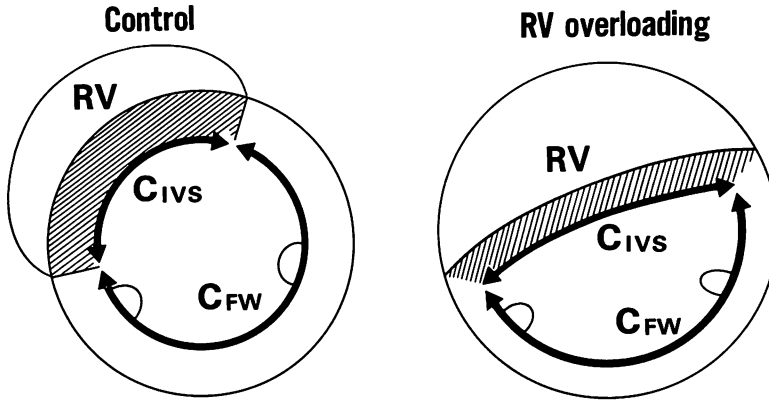


Fig. 1. Methods of measuring lengths of the interventricular septum and left ventricular free wall.

Civs=length of the interventricular septum; Cfw=length of the free wall; RV=right ventricle.

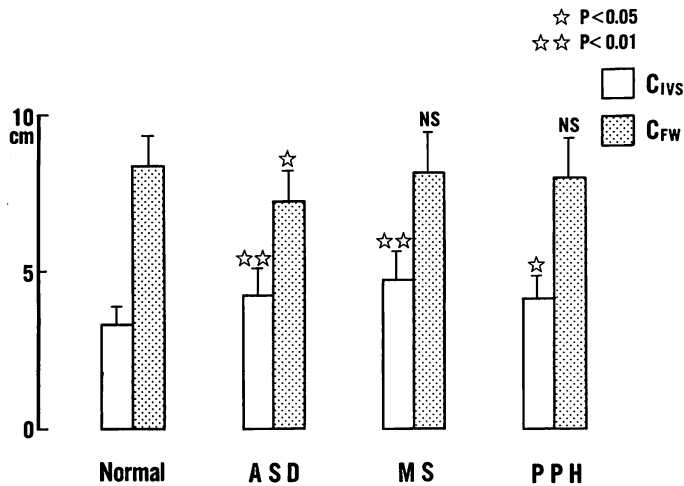


Fig. 2. Civs and Cfw in end-diastole.

ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension; NS=not significant.

除した値を収縮率とした。

2. 心電図同期平衡時心プルスキャン法

右室および左室全体としての各機能の指標として、それぞれの駆出率を求めた。そのために、断層心エコー図検査、ならびに心臓カテーテル検査と同時期に心電図同期平衡時心プルスキャン法を施行した。Pyrophosphate 10 mg を患者の肘静

脈に注入し、30分後に ^{99m}Tc -pertechnetate 20 mEq を注入した。アイソトープ注入10分後から収集を開始した。収集には東芝製ガンマカメラ GCA401 および汎用画像処理コンピューター GMS55A を用いた。1心拍を24分割し、1分画は 64×64 の画素数で frame mode で収集した。

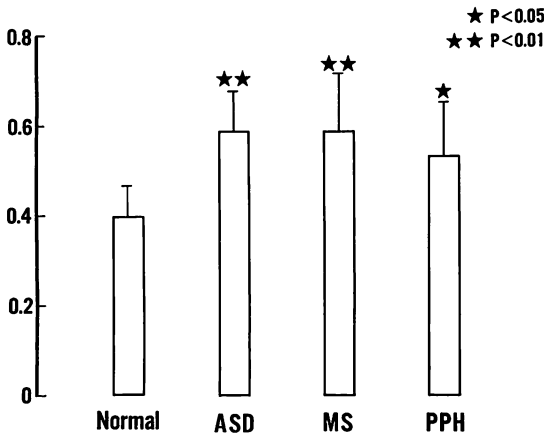


Fig. 3. Civs/Cfw in end-diastole.

ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension.

結 果

1. 断層心エコー図による検討

拡張末期の中隔の長さ Civs は、健常者では 3.4 ± 0.5 cm (平均±標準偏差) であった。心房中隔欠損症では 4.3 ± 0.8 cm ($p < 0.01$), 僧帽弁狭窄症では 4.8 ± 0.8 cm ($p < 0.01$), 原発性肺高血圧症では 4.1 ± 0.7 cm ($p < 0.05$) で、いずれも健常者に比べて増大していた (Fig. 2)。すなわち、右室負荷に対応して中隔部分が延長していることが示唆された。左室自由壁の長さ Cfw は、健常者では 8.4 ± 0.9 cm, 僧帽弁狭窄症では 8.2 ± 1.2 cm, 原発性肺高血圧症では 8.0 ± 1.3 cm と、いずれも有意差を認めなかった。一方、心房中隔欠損症では 7.3 ± 1.0 cm で、健常者に比べ減少していた ($p < 0.05$) (Fig. 2)。拡張末期における中隔の長さと同室自由壁の長さの比 Civs/Cfw は健常者で 0.40 ± 0.07 であった。心房中隔欠損症では 0.59 ± 0.08 ($p < 0.01$), 僧帽弁狭窄症では 0.59 ± 0.12 ($p < 0.01$), 原発性肺高血圧症では 0.53 ± 0.12 ($p < 0.05$) と、いずれも健常者に比べ大きかった (Fig. 3)。すなわち、慢性右室負荷疾患では、圧負荷・容量負荷の別にかかわらず Civs は増大し、左室短軸面の円周方向上に占める割合も大となっていた。しか

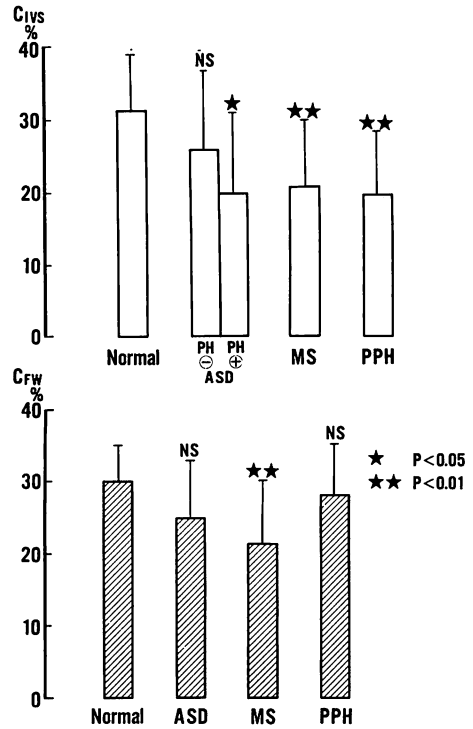


Fig. 4. % contraction of Civs and Cfw.

ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension; PH=pulmonary hypertension; NS=not significant.

し、高度の肺高血圧例が多い原発性肺高血圧症群で、Civs および Civs/Cfw は他の2群より大きな傾向がないことから、圧負荷の程度の指標にはなりえないことがわかった。

Civs の収縮率は健常者で $32 \pm 8\%$ であった。僧帽弁狭窄症では $21 \pm 9\%$, 原発性肺高血圧症では $20 \pm 8\%$ で、いずれも健常者に比べ低下していた。心房中隔欠損症では、右室収縮期圧が 33 mmHg 以下の圧負荷を伴わない11例では $26 \pm 10\%$ で有意差を認めず、一方、圧負荷を伴う6例では $20 \pm 11\%$ と低下していた (Fig. 4)。

Cfw の収縮率は健常者で $30 \pm 7\%$ であった。心房中隔欠損症では $25 \pm 9\%$, 原発性肺高血圧症では $28 \pm 7\%$ で、健常者と有意差はなかった。僧帽弁狭窄症で $22 \pm 8\%$ と低下していた ($p < 0.01$)

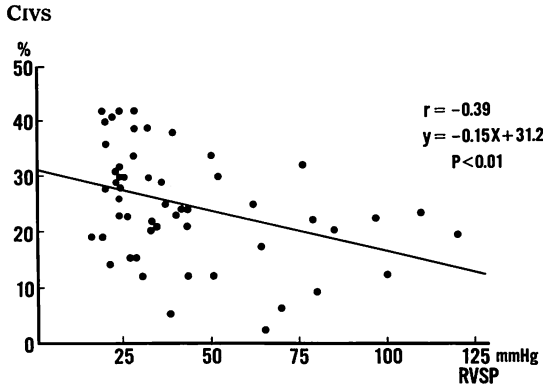


Fig. 5. Correlation between right ventricular systolic pressures and % contractions of Civs. RVSP=right ventricular systolic pressure.

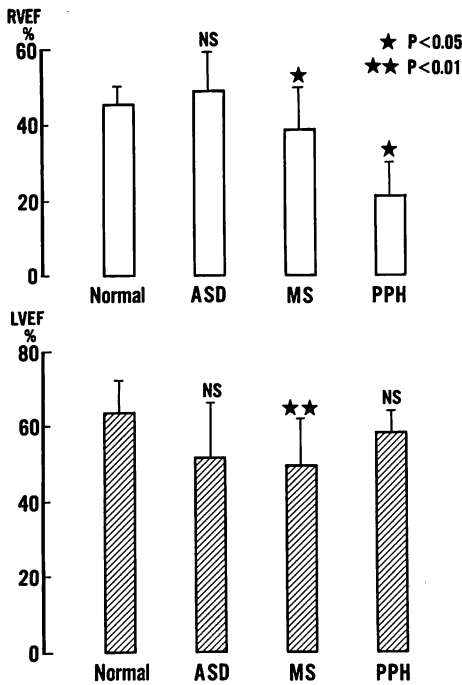


Fig. 6. Right and left ventricular ejection fractions with multiple-gated equilibrium scintigraphy in each disease.

RVEF=right ventricular ejection fraction; LVEF =left ventricular ejection fraction; ASD=atrial septal defect; MS=mitral stenosis; PPH=primary pulmonary hypertension; NS=not significant.

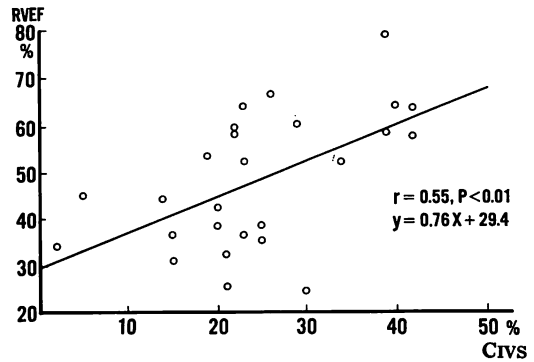
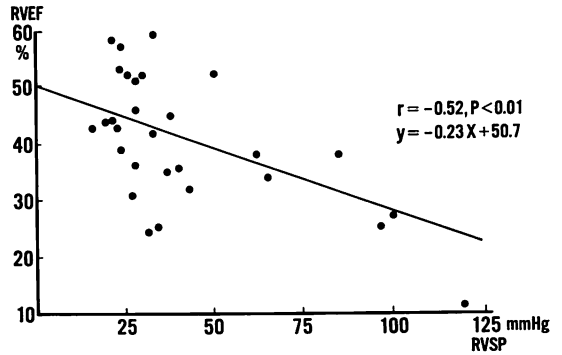


Fig. 7. Correlations between right ventricular ejection fractions and right ventricular systolic pressures and % contractions of Civs.

RVEF=right ventricular ejection fraction; RVSP =right ventricular systolic pressure.

(Fig. 4).

右室収縮期圧と Civs の収縮率の間に負の相関関係 ($r = -0.39, p < 0.01$) を認めた (Fig. 5).

2. 中隔の収縮率と駆出率との対比

右室駆出率は健常者で $46 \pm 5\%$ であった。僧帽弁狭窄症では $38 \pm 10\%$ ($p < 0.05$), 原発性肺高血圧症では $21 \pm 9\%$ ($p < 0.05$) と、いずれも健常者に比べて低下していた。心房中隔欠損症では $49 \pm 11\%$ で有意差を認めなかった。左室駆出率は健常者で $64 \pm 8\%$ であった。心房中隔欠損症では $52 \pm 13\%$, 原発性肺高血圧症では $58 \pm 6\%$ で、健常者と有意差はなかった。僧帽弁狭窄症では $50 \pm 12\%$ と低下 ($p < 0.01$) していた (Fig. 6).

右室収縮期圧と右室駆出率の間に有意な負の相

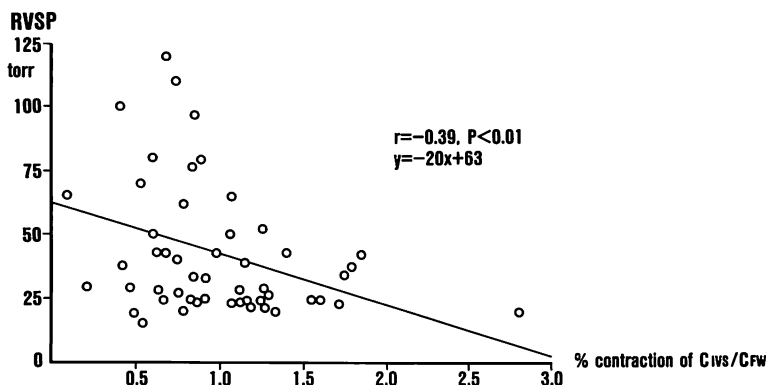


Fig. 8. Correlation between right ventricular systolic pressures and % contractions of Civs/Cfw.

RVSP=right ventricular systolic pressure.

関関係 ($r = -0.52, p < 0.01$) を認めた. 中隔の収縮率と右室駆出率の間に有意な正の相関関係 ($r = 0.55, p < 0.01$) を認めた (Fig. 7). すなわち右室駆出率と中隔の収縮率はともに右室圧負荷に伴い減少し, 中隔の収縮率は右室駆出率を反映することが示された. 左室自由壁の収縮率は左室駆出率と良い相関関係が認められた. 心室中隔の収縮率と左室駆出率の相関は, 右室収縮期圧が 40 mmHg 以下では $p < 0.01$ であったが, 40 mmHg 以上では $p < 0.05$ となった. 中隔の収縮率と右室駆出率の関係では, 右室収縮期圧が 40 mmHg 以下の群より, 40 mmHg 以上の群の方が正相関を示す傾向はみられたが, 前者では有意差なく, 後者でも有意との結果は得られなかった.

Fig. 8 は心室中隔と左室自由壁の収縮率の比と右室収縮期圧との関係を示すが, 明瞭な逆相関はみられなかった.

考 接

右心と左心に共有される心室中隔が右心負荷時にどのような収縮動態を示すかについては, いまだ十分な検討がなされていない⁹⁾. 本研究では心室中隔の収縮動態を検討するために, 断層心エコー図上の左室短軸面に規定した中隔の長さを指標として用い, 左室自由壁のそれと対比した. Civs

の絶対値が右室圧負荷の指標とはならないのは, 右室の一回拍出量に大きな差のある対象を用いたこと, 個体差を標準化できなかったことによる. 左室の大きさを標準化するには, 心房中隔欠損症の Cfw が他の群に比べて有意に小であることから無理がある. なお心房中隔欠損症で拡張末期に左室自由壁の長さが小さいことは, 二方向左室造影法で求めた左室拡張末期容量が小さいという報告と一致する⁹⁾.

中隔の収縮率でみると, 圧負荷・容量負荷で様相は異っていた. 圧負荷に伴って延長した中隔はその収縮率が低下していた. 一方容量負荷に対応して延長した中隔の収縮率は低下していなかった. 元来容量負荷疾患である心房中隔欠損症においても圧負荷のある症例では中隔の収縮率は低下していた. 同様の傾向が心プルスキャン法で求めた右室駆出率にもみられた. 中隔の収縮率と右室駆出率とともに右室収縮期圧と有意な負の相関を示した. 左室自由壁の収縮率は asynergy を伴わないかぎり常に左室の機能の指標である. 右室収縮期圧の上昇と関連して中隔の収縮率が右室機能の指標に変わってゆくとすれば, 中隔の収縮率と左室自由壁の収縮率の比は, 右室収縮期圧とより明瞭な逆相関を示すものと期待した. しかし中隔収縮率のみとの関係とほぼ同様の傾向を示すに

とどまった。しかし本研究の対象例には右心不全例と三尖弁閉鎖不全例も含まれている点で問題を残す。なお不十分ではあるが、中隔収縮率ならびに右室駆出率とともに、圧負荷の程度を反映する。

左室自由壁の収縮率と左室駆出率は、ともに僧帽弁狭窄症で低下していた。本症の左室自由壁の長さは健常例と有意差がないこと、本症よりもさらに左室形態の変化が著しい原発性肺高血圧症でも、両指標が正常であったことを考えると、僧帽弁狭窄症では、いわゆる心筋因子が関与している可能性を考える必要がある。

従来、概念的に、中隔は左室のものであるとの考え方が一般的であり、本研究においても、右室負荷時にも中隔の収縮率は左室駆出率を反映していた。しかし中隔は、慢性右心負荷に対応して、左室自由壁とは異なる収縮動態を示すようになることが示唆された。慢性の右室負荷疾患において、変形した左室心筋の収縮性が低下しているか否かを論ずることはなお困難である。

要 約

断層心エコー図の左室短軸面における心室中隔の収縮動態を解析し、右心負荷の様相を非観血的に評価する手段としての有用性について検討した。心臓カテーテル検査を施行した心房中隔二次孔欠損症 17 例 (右室収縮期圧: 36 ± 14 mmHg), 純型僧帽弁狭窄症 13 例 (49 ± 19 mmHg), 原発性肺高血圧症 9 例 (87 ± 21 mmHg), 健常対照例 17 例 (23 ± 3 mmHg) を対象とした。断層心エコー図の乳頭筋レベルの左室短軸面における中隔の長さ Civs, 左室自由壁の長さ Cfw を計測し、おのの収縮率を求めた。心電図同期平衡時心プールスキャン法をこの内 31 例に施行した。

健常者では拡張末期の中隔の長さ Civs は 3.4 ± 0.5 cm で、中隔の長さとして左室自由壁の長さの比 Civs/Cfw は 0.40 ± 0.07 であった。一方、慢性右室負荷疾患では、圧負荷、容量負荷の別にかかわらず Civs は増大し、左室短軸面に占める割合も大きくなっていった。健常者では拡張末期の自由壁

の長さ Cfw は 8.4 ± 0.9 cm で、僧帽弁狭窄症と原発性肺高血圧症のそれは健常者と有意差がなかった。心房中隔欠損症の Cfw は健常者と比べ減少していた。

Civs の収縮率は、僧帽弁狭窄症と原発性肺高血圧症で低下していた。心房中隔欠損症では右室圧が正常な 11 例では健常者と有意差がなく、右室圧が高い 6 例では低下していた。Cfw の収縮率は、僧帽弁狭窄症のみが低下していた。

右室収縮期圧と Civs の収縮率および右室駆出率の間に有意な負の相関関係を認めた (それぞれ $r = -0.39$, $r = -0.52$, $p < 0.01$)。Civs の収縮率と右室駆出率の間に有意な正の相関関係を認めた ($r = 0.55$, $p < 0.01$)。すなわち右室駆出率と中隔の収縮率はともに右室圧負荷に伴い減少し、中隔の収縮率は右室駆出率を反映した。

本法で検討した中隔の収縮動態は、右室負荷の種類ならびに程度を反映するものと考えられた。

文 献

- 1) Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon J: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload. *Circulation* 54: 179, 1976
- 2) Nichol PM, Gilbert BW, Kisslo JA: Two-dimensional echocardiographic assessment of mitral stenosis. *Circulation* 55: 120, 1977
- 3) Wanderman KL, Ovsyshcher I, Gueron M: Left ventricular performance in patients with atrial septal defect: Evaluation with noninvasive method. *Am J Cardiol* 41: 487, 1978
- 4) King ME, Braun H, Goldblatt A, Liberthson R, Weyman AE: Interventricular septal configuration as a predictor of right ventricular systolic hypertension in children. *Circulation* 68: 68, 1983
- 5) 藤井 効, 半田俊之介, 山崎 元, 中村芳郎: Thallium 201 心筋シンチグラムによる原発性肺高血圧症の評価。呼吸と循環 32: 161, 1984
- 6) Akaishi M, Akizuki S, Ogawa S, Goto T, Ohnishi S, Handa S, Nakamura Y: Two-dimensional echocardiographic estimation of right ventricular pressures. *J Cardiovasc Ultrasonogr* 1: 45, 1982
- 7) 藤井 効, 半田俊之介, 赤石 誠, 小川 聡, 中村芳郎: 超音波断層心エコー図による原発性肺高血圧症の評価。呼吸と循環 31: 1221, 1983

宮森, 半田, 岩永, ほか

- 8) 宮森亮子, 半田俊之介, 小川 聡, 藤井 効, 赤石 誠, 大西祥平, 山崎 元, 中村芳郎: 慢性右室負荷に伴う左室形態の異常と不均等収縮: 断層心エコー図による評価. 心臓 **17**: 704-710, 1985
- 9) Popio KA, Gorlin R, Teichholz LE, Cohn PF,

Bechtel D, Herman MV: Abnormalities of left ventricular function and geometry in adults with an atrial septal defect: Ventriculographic, hemodynamic and echocardiographic studies. *Am J Cardiol* **36**: 302, 1975