

心外膜欠損症における心室
中隔の収縮期および拡張期
異常運動の発生機序に関する
検討

Echocardiographic observations on mechanisms for abnormal interventricular septal motion in congenital total absence of the left pericardium

大木 崇
福田 信夫
竹村 晴光
村尾 明之
大島千寿子
浅井 幹夫
仁木 敏晴
森 博愛

Takashi OKI
Nobuo FUKUDA
Harumitsu TAKEMURA
Akiyuki MURAO
Chizuko OHSHIMA
Mikio ASAI
Toshiharu NIKI
Hiroyoshi MORI

Summary

M-mode and short-axis two-dimensional echocardiograms were examined in 4 patients (pts) with congenital total absence of the left pericardium (pericardial defect: PD) and pts with various cardiac disease including 17 cases with atrial septal defect (ASD), 11 with surgical closure of ASD and 7 with funnel chest (FC) to assess the mechanism of abnormal interventricular septal (IVS) motion during systole and diastole in PD. IVS and left ventricular posterior wall (LVW) echograms were recorded at the level of the chordae tendineae, and the short-axis two-dimensional image of the left ventricle was recorded at the level of the papillary muscles.

The following conclusions were derived from this study.

1) Four pts with PD were divided into S type (2 cases) and D type (2 cases) according to the abnormal IVS pattern. The S type was characterized by paradoxical motion in systole but almost normal motion in diastole, and D type by gradual posterior motion during left ventricular slow filling phase but almost normal motion in systole.

2) "Diastolic" abnormal IVS motion, such as the D type of PD, was also observed in ASD and in severe cases of FC. In these pts, angular displacement of the papillary muscles revealed exag-

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本 2-50 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, University of Tokushima, Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, October 14-15, 1980
Received for publication January 19, 1981

gerated counterclockwise rotation of the left ventricle around the longitudinal axis during systole.

3) Normal subjects, pts with PD of the S type and pts after surgical closure of ASD had both the normal IVS motion during diastole and a minimal degree of counterclockwise or clockwise left ventricular rotation.

4) A good correlation was found between the amplitude of diastolic IVS posterior motion (ADP) and the angular displacement of the papillary muscles ($r=0.77, p<0.01$) which will reflect the degree of counterclockwise rotation.

5) Short-axis two-dimensional images of the left ventricle in pts with PD of the S type showed marked twisting motion of the heart from anterior direction in systole to posterior direction in diastole. In pts with PD of the D type, however, IVS had no displacement during a cardiac cycle compared with exaggerated motion of LVW.

These results suggested that systolic abnormal IVS motion of PD (S type) was mainly determined by antero-posterior displacement of the heart, and that diastolic abnormal IVS motion of PD (D type) by exaggerated counterclockwise left ventricular rotation. In particular, gradual posterior motion of IVS during diastole would reflect well the degree of counterclockwise left ventricular rotation around the longitudinal axis during systole.

Key words

Pericardial defect Diastolic IVS motion Papillary muscle Angular displacement LV rotation

はじめに

従来, 先天性心外膜欠損症 (pericardial defect: PD) は比較的まれな心奇形であると考えられてきた¹⁻³⁾. しかし, 近年の心エコー法の進歩に伴い, 本症に関する報告は数多くみられるようになってきた⁴⁻⁷⁾. とくに, 本症の診断上重要な心室中隔 (interventricular septum: IVS) の異常運動の出現は興味深く, その発生機序について検討することは本症の病態を知る上にきわめて重要である.

本研究では, 左側完全型 PD 4 例の収縮期および拡張期における IVS 運動の臨床的意義について検討し, さらに正常例, 二次孔欠損型心房中隔欠損症 (atrial septal defect: ASD) および漏斗胸 (funnel chest: FC) の IVS 運動との比較結果をも加えて報告する.

対 象

対象は左側完全型 PD 4 例で, 比較対象としては正常例 20 例と, IVS の収縮期あるいは拡張

Table 1. Examined subjects

Subjects	No. of cases	Age (years)
Normal	20	28 ± 3
Pericardial defect	4	43 ± 19
Atrial septal defect		35 ± 14
preope	17	
postope	11	
Funnel chest	7	15 ± 8

期異常運動を有する ASD 17 例および FC 7 例を用いた. なお, ASD は術後 11 例についても検討した (Table 1).

左側完全型 PD の診断は, 3 例については人工気胸術³⁾により確認し, 残り 1 例では心エコー図による IVS の異常運動の出現⁴⁾および頸静脈波の異常所見^{5,7)}により決定した.

FC は胸部 X 線側面像による胸骨-椎骨間距離 (sterno-vertebral distance)⁸⁾ が 7 cm 以下, すなわち中等症~重症を示す例について検討した.

方 法

1. 左室短軸断層図による検討

乳頭筋レベルにおける左室短軸断層図を記録し、前乳頭筋 (antero-lateral papillary muscle: APM) および後乳頭筋 (postero-medial papillary muscle: PPM) の中心を結ぶ線が拡張期から、収縮期に間に偏位する角度 (angular displacement) を左室の長軸を中心とした rotation と考え⁹⁾、心尖部からみて反時計式回転 (counterclockwise rotation) する場合は (+), 時計式回転 (clockwise rotation) する場合は (-) と表現した (Fig. 1, A).

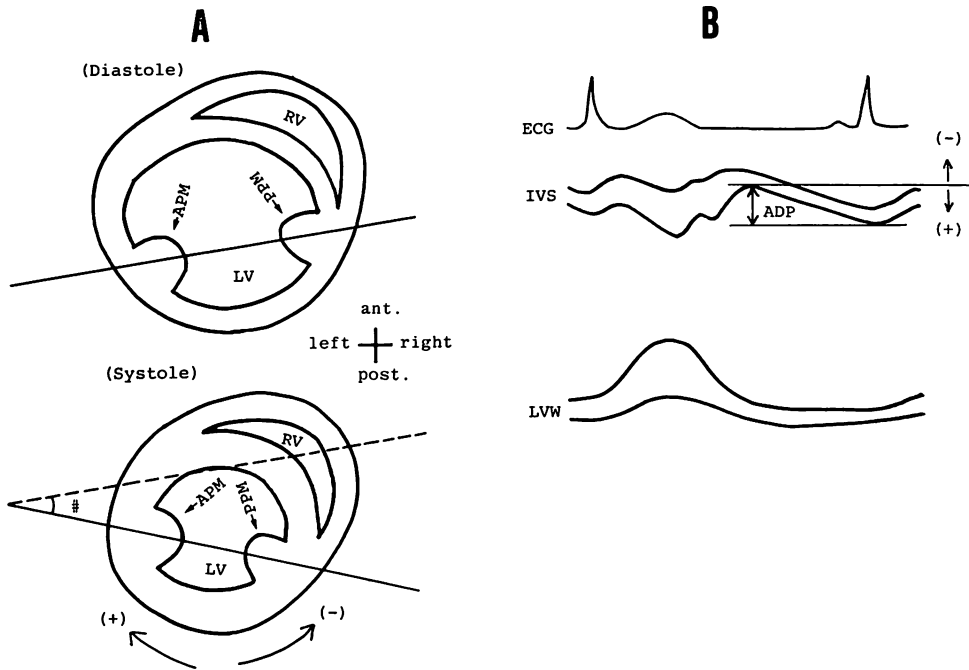


Fig. 1. Schematic illustrations of echocardiographic measurements used for this study.

A: short-axis two-dimensional images of the left ventricle at the level of papillary muscles.

(+): counterclockwise left ventricular rotation about the long axis from the view of the cardiac apex.

(-): clockwise left ventricular rotation about the long axis from the view of the cardiac apex.

B: IVS-LVW echogram at the level of the chordae tendineae.

(+): posterior IVS motion during left ventricular slow filling phase.

(-): anterior IVS motion during left ventricular slow filling phase.

RV=right ventricle; LV=left ventricle; APM=antero-lateral papillary muscle; PPM=postero-medial papillary muscle; IVS=interventricular septum; LVW=left ventricular posterior wall; #=angular displacement of the papillary muscles; ADP=amplitude of diastolic IVS posterior motion.

なお、本研究において記録した左室短軸断層図はすべて上から見下ろした図であり、断層図の右側が心臓の右側、断層図の左側が心臓の左側に一致する。したがって、「心尖部からみて反時計式回転」を示す場合、今回の断層図では心基部方向から観察しているために「時計式回転」を示すことになる。

また、拡張終期および収縮終期の左室短軸断層図を重ね合わせて (Fig. 2), IVS と左室後壁の運動変化や左室内腔の形態 (left ventricular shape) についても検討した。

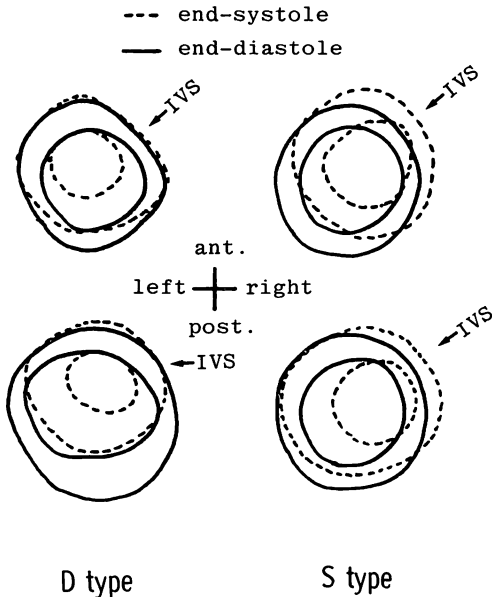


Fig. 2. Diagrams of the short-axis two-dimensional images of the left ventricle in end-diastole and end-systole in 4 patients with pericardial defect (PD).

The S type shows marked twisting motion, from anterior direction in systole to posterior direction in diastole, of the heart during a cardiac cycle. In the D type of PD, however, IVS has no displacement during a cardiac cycle compared with exaggerated motion of LVW.

IVS=interventricular septum; LVW=left ventricular posterior wall.

2. Mモード心エコー図による IVS 運動の検討

IVS・左室後壁エコーグラムの記録は心尖部方向と規定し, 収縮期および拡張期の各峰の名称は大木ら¹⁰⁾の報告にしたがった。

IVS 運動は収縮期と拡張期に分けて検討し, 収縮期は Diamond ら¹¹⁾の type A を, 拡張期は左室急速流入後から拡張終期まで緩徐な後方運動を示す場合¹²⁾を「異常運動」表現した。また, IVS がもっとも前胸壁側に偏位する左室急速流入終了時から拡張終期までの偏位振幅 (amplitude of diastolic IVS posterior motion: ADP) を計測し, 前胸壁に近づく場合を (-), 遠ざかる

場合を (+) と表現した (Fig. 1, B).

使用した装置は M モード心エコー図記録には Aloka 製 SSD 110B, 断層図記録には 東芝製電子走査型超音波診断装置 SSH-11A を用い, それぞれの記録はポラロイドカメラにより行った。

結 果

1. 正常例および各種疾患群における乳頭筋の angular displacement の程度 (Fig. 3)

FC ($21.3 \pm 3.6^\circ$) および術前 ASD ($14.5 \pm 6.1^\circ$) は正常例 ($3.8 \pm 3.0^\circ$) に比べて有意 ($p < 0.01$) な反時計式回転がみられた。また, 術後 ASD ($0.6 \pm 6.8^\circ$) の反時計式回転の程度は術前 ASD に比べて有意 ($p < 0.01$) に減少し, ほぼ正常例と同様の angular displacement を示した。図中, 著明な反時計式回転を示す open circle の 1 例は, ASD の再開通が確認された patch 離脱例である。

左側完全型 PD は過大な反時計式回転を示す 2 例 (16° および 21°) と, ほとんど angular displacement を示さない 2 例 (-2° および -3°) に分類できた。

2. IVS 運動と乳頭筋の angular displacement の関連性

a. 正常例 (Fig. 4)

IVS は収縮期および拡張期を通じて異常運動を認めず, ADP は 0.6 ± 0.5 mm であり, $+1.5$ mm 以上を示したのは 1 例のみであった。乳頭筋の angular displacement は $3.8 \pm 3.0^\circ$ ($0 \sim 9^\circ$) で, 時計式回転を示す例および $+10^\circ$ 以上の反時計式回転を示す例は全くみられなかった。

b. 左側完全型 PD

IVS 運動パターンはつぎの 2 型に分類できた。

S type (Fig. 5): 収縮期に paradoxical motion を示すが, 拡張期には著明な後方運動がみられない型 (2 例)。

D type (Fig. 6): 収縮期は早期を除いてほぼ正常例と同様の後方運動を示すが, 拡張期に異常な後方運動がみられる型 (2 例)。

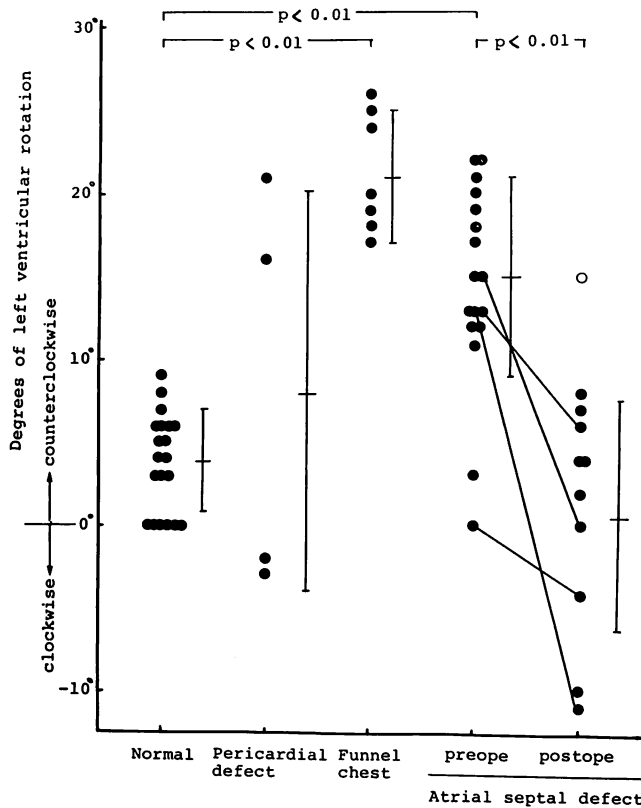


Fig. 3. Degree of angular displacement of the papillary muscles during cardiac cycle in normal subjects and patients with various forms of heart diseases.

An open circle indicates a postoperative patient with reopening of atrial septal defect.

以上の2型の中でD type 2例は乳頭筋の angular displacement の著明な反時計式回転 (16° および 21°) を示したのに比べ、S type 2例はほとんど有意な angular displacement (-2° および -3°) を示さなかった。

c. ASD (Fig. 7)

ASD における収縮期および拡張期の IVS 運動パターンについてはすでに報告した¹²⁾。本研究では、とくに拡張期の運動パターンについてのみ検討し、乳頭筋の angular displacement と比較対比した。

術前 ASD では、ADP (4.0±7.9 mm) および乳頭筋の angular displacement (14.5±6.1°) の

いずれにおいても正常例のそれら (0.6±0.5 mm, 3.8±3.0°) に比べ有意差 (p<0.01) が認められた。ADP が +1.5 mm 未満、乳頭筋の angular displacement が +10° 未満を示したのは2例のみであり、1例は左室造影にて III° の僧帽弁逆流を合併し、残り1例は左側完全型 PD の S type と同様の IVS 運動を示した。また、ADP が +1.5 mm 未満で、乳頭筋の angular displacement が +10° 以上の例は3例に認められた。

術後 ASD では ADP (-0.5±1.7 mm) および乳頭筋 angular displacement (0.6±6.8°) のいずれも正常範囲に復した。

d. FC (Fig. 8)

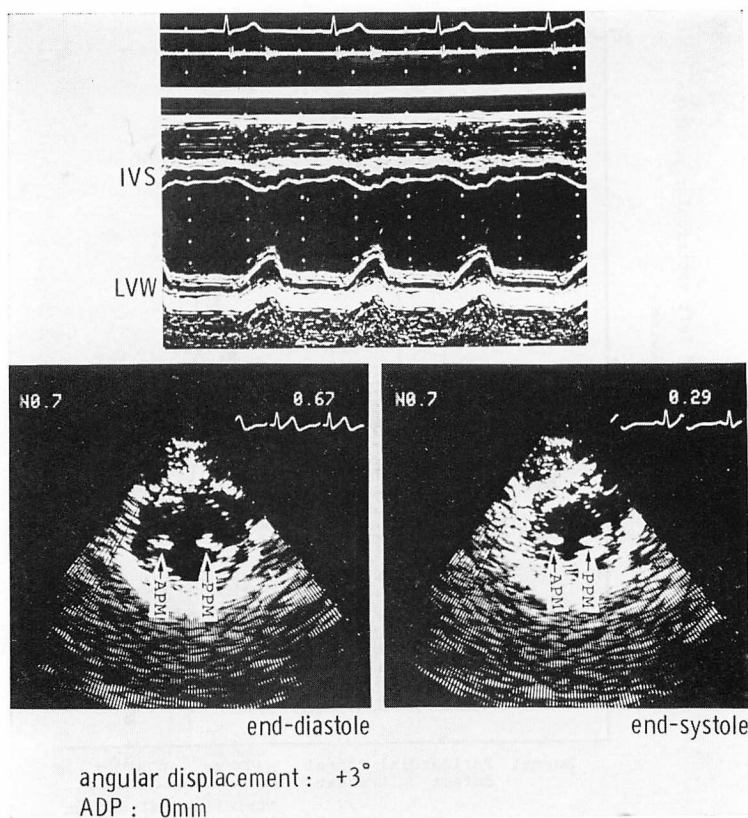


Fig. 4. M-mode echogram and short-axis two-dimensional recordings in a normal subject.

IVS has no shift during left ventricular slow filling phase. Angular displacement of the papillary muscles shows a minimal degree of counterclockwise rotation.

IVS は主として拡張期に異常運動を示した。左室急速流入時の急激な前方運動 および その後の rebound としての後方運動が 7 例中 2 例 (いずれも sterno-vertebral distance が 4.5 cm および 5 cm の重症例) にみられた。これらの異常所見は、収縮性心膜炎のさいにしばしば出現することが知られている^{13,14)}。また、ADP (3.3 ± 1.2 mm) および乳頭筋の angular displacement ($21.3 \pm 3.6^\circ$) は、正常例に比べて明らかな有意差 ($p < 0.01$) を示した。

以上、正常例および各種疾患群における ADP と乳頭筋の angular displacement の関係を Fig. 9 に示すが、両者の間には $r=0.77$ ($p < 0.01$) の

良好な正相関が認められた。

3. 左室短軸断層図による左室形態の検討

左側完全型 PD 4 例における収縮終期、および拡張終期の乳頭筋レベルでの左室短軸断層図を Fig. 2 に示す。S type 2 例では左室全体が収縮終期に右前方へ、拡張終期に左後方へ著明に偏位する所見がみられた。一方、D type 2 例では左室後壁は心周期を通じて著しい偏位を示したが、IVS の偏位はほとんど認められなかった。

ASD の左室内腔の形態 (left ventricular shape) は、収縮期においては円形を示したが、拡張期では IVS が直線化あるいは左室腔内に突出するために左室の変形をきたした。このような拡張期の

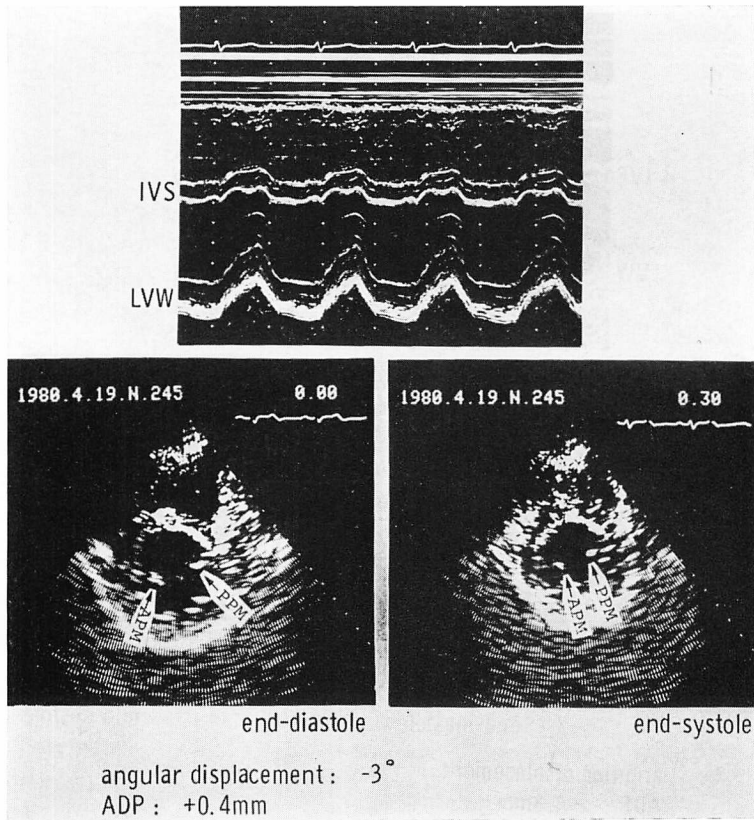


Fig. 5. M-mode echogram and short-axis two-dimensional recordings in a patient with pericardial defect of S type.

IVS motion is paradoxical in systole but almost normal in diastole. Angular displacement of the papillary muscles shows a minimal degree of clockwise rotation.

左室形態の歪みは、左側完全型 PD および FC においてはほとんど認められなかった。

考 察

近年、心エコー法の発達により先天性心外膜欠損症 (PD) の発見は比較的容易となってきた。本症の診断指標として、心室中隔 (IVS) の異常運動の出現は重要であるが、Payvandi ら⁴⁾は5例の左側完全型 PD において、Diamond らの分類¹¹⁾の type A が3例、type B が2例に認められたと報告し、いずれの例においても IVS の「収縮期」における異常運動を強調している。

その他の報告⁵⁻⁷⁾でも、左側完全型 PD では

IVS の「収縮期」異常運動の出現することが確認されており、IVS の異常運動を示さないと考えられている部分欠損型 PD^{5,7)}との対比とも合わせて、その発生機序に関して多くの興味を持たれている。

元来、IVS の「収縮期」異常運動をきたす疾患は数多く¹⁵⁾、とくに心房中隔欠損症 (ASD) はその代表的疾患として注目されている。Diamond ら¹¹⁾は ASD の IVS 「収縮期」運動を type A (paradoxical motion) および type B (flat motion) に分類し、これらの所見が右室容量負荷病態の診断をより容易にすることを明らかにした。

しかしながら、大島ら¹²⁾は ASD ではこのよう

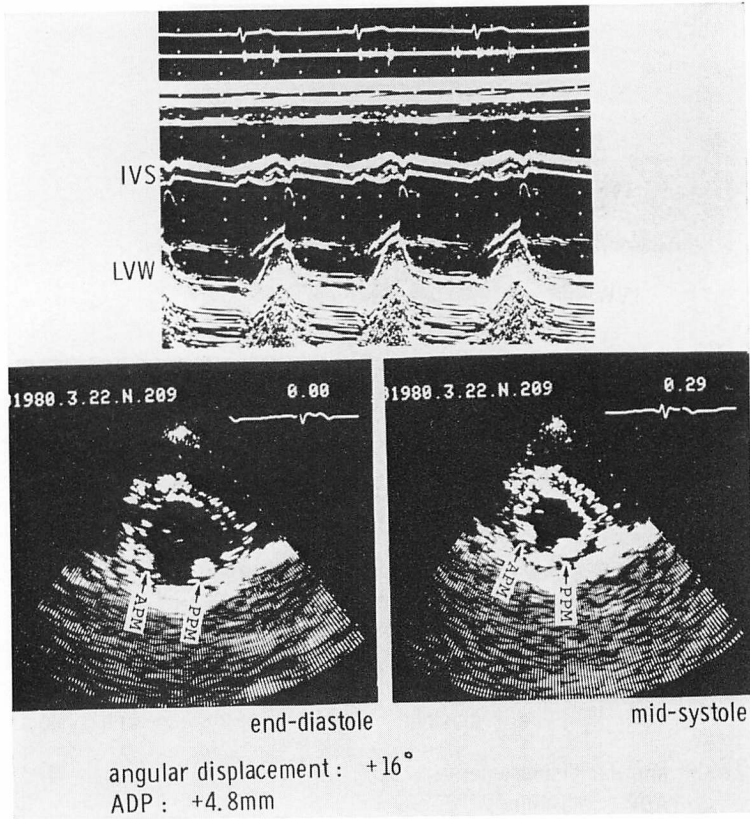


Fig. 6. M-mode echogram and short-axis two-dimensional recordings in a patient with pericardial defect of D type.

IVS shows abnormal posterior motion in diastole but almost normal motion in systole. Angular displacement of the papillary muscles shows exaggerated counterclockwise rotation.

な typical な IVS の「収縮期」運動パターンを示す症例はまれであり, ASD の病態把握にはむしろ「拡張期」における異常運動, すなわち左室急速流入後から拡張終期にかけての緩徐な後方運動がより重要な情報になりうることを報告している. この「拡張期」異常運動については, 福田ら¹⁶⁾も漏斗胸 (FC) における IVS の特徴的所見として報告し, その原因として前胸壁の陥凹が心臓前壁を圧迫することにより, 左室の rotation が生じるためであると指摘している.

一方, 心周期を通じての心臓の rotation の有無については, 開胸動物の直視下観察¹⁷⁾, endocardial marker¹⁸⁾ および epicardial marker¹⁹⁾ を

使用した cineangiography による観察などがなされ, 正常例においては心臓の長軸を中心としたわずかな反時計式回転 (3~7°) しか生じないことが明らかにされた. これは心臓を固定している心膜が, 心臓の長軸を中心とした回転運動および前後変化を中心とした振り様運動 (pendulum motion) を制限し, その結果, 効率のよい血流駆出を生ぜしめる原動力の一部となっていることを示唆している.

ASD における左室 rotation については, 太田ら²⁰⁾は左室造影による検討から, 著しく拡大した右室によって左室が後上方に押し上げられるため, 心尖部からみて左室は収縮期に反時計方向に

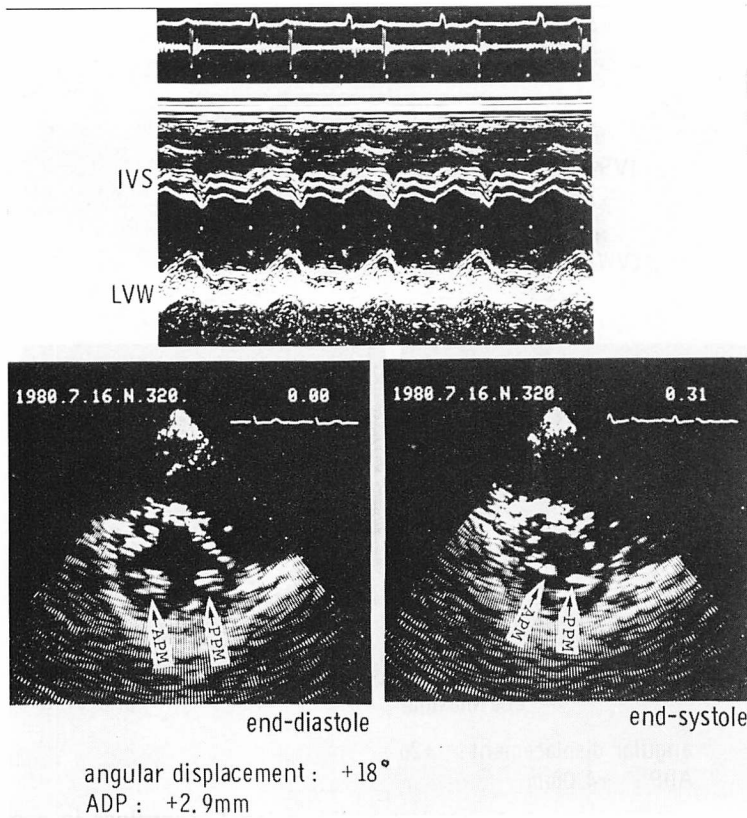


Fig. 7. M-mode echogram and short-axis two-dimensional recordings in a patient with secundum atrial septal defect.

IVS motion is abnormal during systole and diastole. Angular displacement of the papillary muscles shows exaggerated counterclockwise rotation.

回転すると述べている。また、Mirro ら⁹⁾は乳頭筋レベルにおける左室短軸断層図を記録し、拡張期から収縮期にかけての乳頭筋偏位度 (angular displacement) が ASD では正常例に比べて過大な反時計式回転を示すことを報告し、この乳頭筋の angular displacement は左室の rotation を反映すると推察した。

以上、諸家の報告と本研究の Fig. 3 および Fig. 9 に示す結果を総合すると、つぎの5点に要約される。1) ASD, FC および左側完全型 PD の D type では IVS の「拡張期」異常運動および乳頭筋の過大な angular displacement が高率に出現し、これらの特徴的所見は正常例および左

側完全型 PD の S type には認められない。2) 術後 ASD では術前 ASD に認められた IVS の「拡張期」異常運動、および乳頭筋の過大な angular displacement は消失する。3) IVS の拡張期における偏位振幅 (ADP) と乳頭筋の angular displacement の間にはきわめて良好な正相関が認められる。4) 乳頭筋の解剖学的位置異常あるいは乳頭筋を含む左室筋の局所的収縮異常を合併する場合を除くと、乳頭筋の angular displacement は左室の rotation の程度をほぼ反映すると考えてよい。したがって、5) IVS の「拡張期」異常後方運動は拡張期における左室の時計式回転の表現であり、換言すれば、収縮期における左室

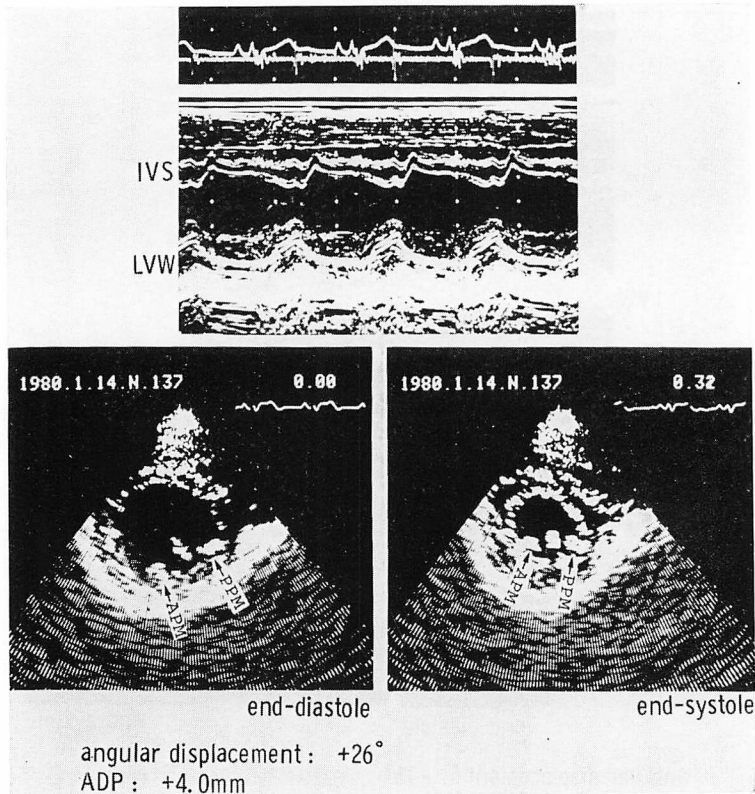


Fig. 8. M-mode echogram and short-axis two-dimensional recordings in a patient with funnel chest.

IVS motion is abnormal in diastole but normal in systole. In early diastole, IVS indicates rapid upward motion. Angular displacement of the papillary muscles shows exaggerated counterclockwise rotation.

の反時計式回転の証明でもある。

本研究では左側完全型 PD を IVS 運動パターンから S type および D type の 2 型に分類し、その発生機序について検討した。収縮期に paradoxical motion を示す S type では、左室短軸断層図で IVS および左室後壁を含む左室全体が収縮終期に右前方へ、拡張終期に左後方へ偏位する著明な前後運動を認め、乳頭筋の angular displacement は心周期を通じて有意な変化を示さなかった。この所見はちょうど大量の心のう液貯溜時における振り様運動 (pendulum motion) に類似しており²¹⁾、左室収縮にさいし左室の rotation をほとんど伴わない前後運動が主としておこるた

め、血液の駆出に対して効率の悪い状態になりうると思われる。一方、拡張期に異常な後方運動を示す D type では、左室短軸断層図で左室後壁は心周期を通じて著明な偏位を示したが、IVS の移動はほとんど認められず、乳頭筋の angular displacement は過大な反時計式回転を示した。この型は収縮期における IVS の右前方への移動がほとんどみられないこと、さらに左室の著明な反時計式回転が加わることにより、左室収縮にさいし血液の駆出が比較的効率よく行われるものと思われる。

以上のように、本症においては心外膜の欠損部と心臓の解剖学的位置関係の差異により、心臓の

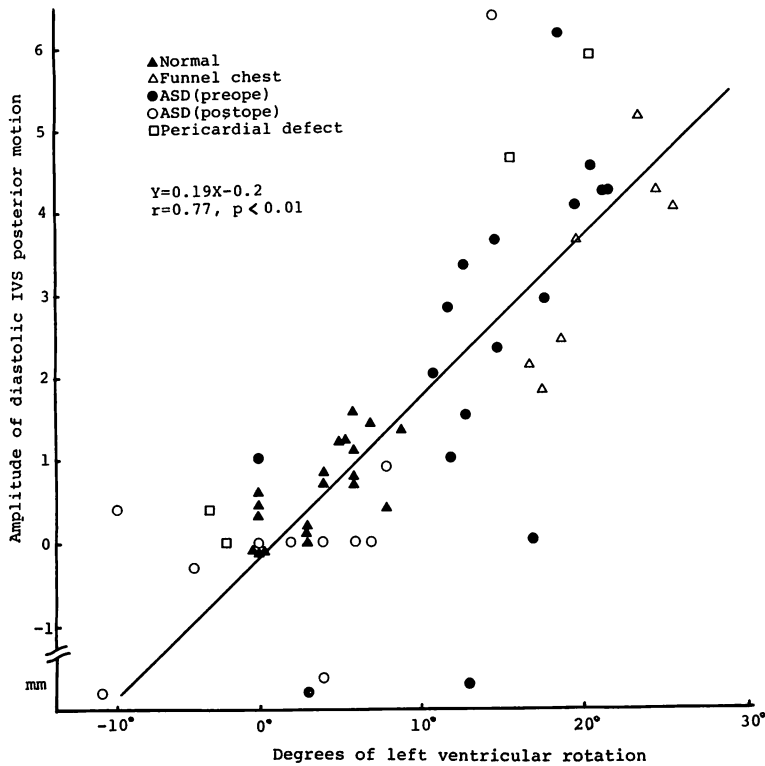


Fig. 9. Relationship between the amplitude of diastolic IVS posterior motion and the degree of angular displacement of the papillary muscles.

前後運動を主とした S type と心臓の回転運動を主とした D type の二種類の病態の存在することが考えられ、従来の M モード法による Payvandi ら⁴⁾の考えのみでその病態を説明することは困難であると考えられた。

いずれにしても、IVS の拡張期における運動パターンおよび左室短軸断層図の angular displacement は、左室の rotation の程度を検討する上で重要な指標になりうると思われた。

要 約

左側完全型心外膜欠損症 (PD) 4 例における心室中隔 (IVS) の収縮期および拡張期運動を検討し、さらに正常例 20 例、心房中隔欠損症 (ASD) 17 例および漏斗胸 (FC) 7 例における IVS 運動

との比較結果をも加えて、以下の成績を得た。

1) 左側完全型 PD の IVS 運動パターンは収縮期に paradoxical motion を示し、拡張期には正常運動を認める S type (2 例) と、収縮期は早期を除いてほぼ正常運動を示し、拡張期には異常な後方運動を認める D type (2 例) に分類できた。

2) 左室短軸断層図の検討により、S type では左室全体が収縮終期に右前方へ、拡張終期に左後方へ移動する著明な前後運動を認め、D type では心周期を通じて著明な前後運動を示す左室後壁に比べて、IVS はほとんど偏位を示さなかった。

3) 拡張期における IVS の異常運動は左側完全型 PD の D type 以外に、ASD および FC においても高率に認められた。これらの例では、

乳頭筋レベルにおける左室短軸断層図で, 収縮期に乳頭筋 angular displacement は著明な反時計式回転を示した。

4) 拡張期に IVS の正常運動を認めた正常例および左側完全型 PD の S type では, 収縮期に有意な乳頭筋の angular displacement を示さなかった。

5) IVS の拡張期における後方運動振幅 (ADP) と乳頭筋の angular displacement との間には $r=0.77$ ($p<0.01$) の良好な正相関を認めた。

6) 以上の成績から, 左側完全型 PD の IVS 異常運動は S type では心臓の前後運動が, D type では心臓の長軸を中心とした回転運動が主たる要因と考えられ, とくに M モード法による IVS の拡張期後方運動は, 収縮期における左室の反時計式回転を反映する所見であることが示唆された。

文 献

- 1) Columbus MR: De re anatomica 15: 265, 1559
- 2) 松倉豊治: 珍しい心臓奇形. 日本医事新報 1491: 3936, 1952
- 3) Ellis K, Leeds NE, Himmelstein A: Congenital deficiencies in the parietal pericardium. A review with 2 new cases including successful diagnosis by plain roentgenography. Am J Roentgenol 82: 125, 1959
- 4) Payvandi MN, Kerber RE: Echocardiography in congenital and acquired absence of the pericardium. An echocardiographic mimic of right ventricular volume overload. Circulation 53: 86, 1976
- 5) 加藤 洋, 大脇 嶺, 柳原皓二, 鈴木隆夫, 奥町富久丸, 高木義博, 山本和高, 吉川純一: 心外膜欠損症の心エコー図所見. 日超医講演論文集 30: 187, 1976
- 6) 小川研一, 柳沢信子, 本田守弘, 樋口良雄, 斎藤徹, 上嶋権兵衛, 谷井東助, 和田 敬: 先天性左心胸膜完全欠損症の1例. J Cardiography 6: 413, 1976
- 7) 斎藤 憲, 大木 崇, 河原啓治, 沢田誠三, 仁木敏晴, 森 博愛: 先天性心外膜欠損症の二例. —特に部分欠損と完全欠損との対比について—. 日超医講演論文集 34: 141, 1978
- 8) Fabricius J, Davidsen G, Hansen T: Cardiac

- function in funnel chest. Twenty-six patients investigated by cardiac catheterization. Danish Med Bull 4: 251, 1957
- 9) Mirro MJ, Rogers EW, Weyman AE, Feigenbaum H: Angular displacement of the papillary muscles during the cardiac cycle. Circulation 60: 327, 1979
 - 10) 大木 崇, 沢田誠三, 河原啓治, 谷口哲三, 坂井秀樹, 仁木敏晴, 森 博愛: 心エコー図による心室中隔運動の再検討. 医学のあゆみ 112: 94, 1980
 - 11) Diamond MA, Dillon JC, Haine CL, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic features of atrial septal defect. Circulation 43: 129, 1971
 - 12) 大島千寿子, 大木 崇, 竹村晴光, 村尾明之, 谷口哲三, 福田信夫, 河原啓治, 浅井幹夫, 仁木敏晴, 森 博愛: 心房中隔欠損症における心室中隔運動の再評価. 日超医講演論文集 36: 323, 1980
 - 13) Candell-Riera J, Castillo G, Permanyer-Miralda G, Soler-Soler J: Echocardiographic features of the interventricular septum in chronic constrictive pericarditis. Circulation 57: 1154, 1978
 - 14) 大木 崇, 河原啓治, 竹村晴光, 村尾明之, 谷口哲三, 福田信夫, 大島千寿子, 上村のみ子, 坂井秀樹, 沢田誠三, 仁木敏晴, 森 博愛: 心室中隔の拡張期後方運動に関する検討: 特に右心系の役割について. J Cardiography 10: 465, 1980
 - 15) 森 博愛, 大木 崇: 心エコー図診断の実際. 医学出版社, 東京, 1978, p 26
 - 16) 福田信夫, 大木 崇, 谷口哲三, 坂井秀樹, 浅井幹夫, 大島千寿子, 仁木由子, 上村のみ子, 仁木敏晴, 森 博愛: 漏斗胸の心音図・心機図・心エコー図学的検討: 特に頸静脈波所見および心室中隔運動について. J Cardiography 11: 161, 1981
 - 17) Harvey W: Exercitatis Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus. Frankfurt, 1628, ch 5
 - 18) Rushmer RF, Crystal DK, Wagner C: The functional anatomy of ventricular contraction. Circulation Res 1: 162, 1963
 - 19) McDonald IG: The shape and movements of the human left ventricle during systole. A study by cineangiography and by cineradiography of epicardial markers. Am J Cardiol 26: 221, 1970
 - 20) 太田光重, 植原敏勇, 内藤博昭, 西村恒彦, 菅原徹雄, 前田宏文, 小塚隆弘, 永田正毅, 別府慎太郎, 神谷哲郎: 二次孔心房中隔欠損に伴う僧帽弁逸脱のX線学的考察. J Cardiography 10: 53, 1980
 - 21) 田中元直, 香坂茂美, 寺沢良夫, 柏木誠, 目黒泰一郎: 心膜腔内液体貯溜時の心臓形態と動態. 臨床心音図 5: 3, 1975