

高速度超音波断層法による 心室中隔異常運動の成因の 検討

Two-dimensional echo- cardiographic study on the mechanism of ab- normal septal motion

陣内 重三
戸次 久敏
吉岡 春紀
古賀 義則
戸嶋 裕徳

Juzabu JINNOUCHI
Hisatoshi BEKKI
Haruki YOSHIOKA
Yoshinori KOGA
Hironori TOSHIMA

Summary

Two-dimensional echocardiographic study was performed in order to investigate the mechanism of the echocardiographic abnormal motion of the ventricular septum in various heart diseases. In the sagittal cross-section, the low part of ventricular septum deviated anteriorly from the aortic root in the normal hearts, while the septum shifted more posteriorly in left ventricular hypertrophy (due to hypertrophied septum) and in right ventricular volume overload (due to the dilated right ventricle). With antero-downward motion of the upper septum, this change in the septal anatomy (decrease in septal angle) seemed to bring flat or paradoxical septal motion in those cases. On the other hand, increased septal motion in patients with left ventricular overload was suggested to be induced by more infero-posteriorly directed motion of the upper septum. Reduced septal motion in patients with open mitral commissurotomy would be explained by decreased downward and more anteriorly directed motion of the upper septum according to the pericardial adhesion after open heart surgery. Elliptical change in the left ventricle in the horizontal cross-section was observed in patients with right ventricular volume and pressure overloads, and was suggested to be related alone to the early systolic anterior motion in patients with right ventricular volume overload. From the above findings, 1) anatomical relation of the septum to the anterior chest wall (septal angle) and 2) motion-direction of the upper septum were suggested as the major determinants of ventricular septal motion.

Key words

Echocardiogram Two-dimensional echocardiogram Abnormal septal motion Septal angle
Motion of the upper septum

はじめに

心エコー図上みられる心室中隔の異常運動は、

右室容量負荷疾患のほか、左室肥大心、収縮性心
膜炎、開心術後、心室内伝導異常、中隔を含む心
筋梗塞症など各種心疾患でみられ、また左室拡張

久留米大学医学部 第三内科
福岡県久留米市旭町 67 (〒830)

The Third Department of Internal Medicine, Kurume
University School of Medicine, Asahimachi 67, Ku-
rume, 830

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
Received for publication May 9, 1977

期負荷疾患, 中隔を含まない心筋梗塞症や心臓の液貯溜時などでは, 逆に中隔運動の亢進が認められる¹⁻⁶⁾. しかし, 中隔の異常運動の発生機序に関してはいまだ一定の結論は得られていないように思われる. そこで本研究では伝導異常や心筋梗塞を除く各種心疾患患者に高速度超音波断層法を施行し, その中隔運動に影響する因子の検討を行った.

対象および方法

対象は12歳から72歳までの各心疾患患者計100例で, これを **Table 1** に示すように6群に分類した. コントロールとしては健常者16例, 左室容量負荷群としては心エコー図上左室拡張末期径が6.0cm以上の大動脈弁閉鎖不全(AR)7例, 僧帽弁閉鎖不全(MR)12例を用いた.

左室肥大心群としては心室中隔厚と左室後壁厚との和が3.0cm以上を呈する高血圧性心臓病(HHD)10例, 大動脈弁狭窄(AS)6例, ASHを伴う肥大型心筋症(HCM)12例を対象とした. つぎに右室容量負荷群としてはASD15例を用い, 右室圧負荷(RVPO)群としてはファロー四

徴5例, 肺動脈狭窄1例, 原発性肺高血圧1例を用いた. さらに術後の心外膜の癒着の中隔運動におよぼす影響を検討するために, 開心式僧帽弁交連部切開術後患者(OMC)15例を用いた.

高速度超音波断層法は東芝製 Sonolayergraph SSL 51H を用い, 左室長軸および僧帽弁腱索レベルでの左室短軸断面図を8mmシネフィルム(15コマ/秒)に記録した. 心室中隔, 左室後壁の動きは収縮末期, 拡張末期の断層像をトレースして分析した. 左室長軸断面図上での前胸壁と心室中隔の関係を表わすために, **Fig. 1** に示すような方法で septal angle を計測した. すなわち, 拡張末期左室長軸断面図上で心室中隔左室面上に中隔上端部より3cmと4cmの点を求め, この2点を結ぶ線と前胸壁との間の角度を計測し, septal angle とした. なお, 中隔が前方に向かう場合を正, 後方に向かう場合を負とした. また上部中隔の動きを表わす指標として中隔上端部の拡張末期

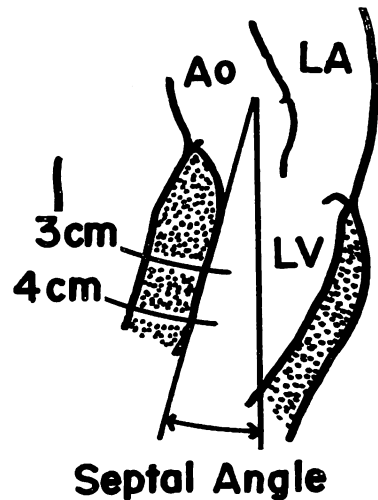


Fig. 1. Diagram illustrating how to determine septal angle.

Septal angle is measured as the angle between the anterior chest wall and the line passing the points of 3 cm and 4 cm below the superior tip of the septum on its posterior side. Septal angle is denoted as positive if it runs anteriorly from the aortic root.

Table 1. Subjects

	No. of cases	Sex		Mean age
		Male	Female	
Normal	16	13	3	28±4
AR	7	6	1	32±10
MR	12	5	7	32±12
HHD	10	7	3	58±11
AS	6	5	1	33±17
HCM	12	5	7	30±10
ASD	15	4	11	28±11
RVPO	7	5	2	21±9
OMC	15	4	11	39±9

AR: aortic regurgitation, MR: mitral regurgitation, HHD: hypertensive heart disease, AS: aortic stenosis, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, ASD: atrial septal defect, RVPO: right ventricular pressure overload, OMC: open mitral commissurotomy.

より収縮末期までの動きをトレースし、その動きの大きさと方向 (amplitude and direction of the superior septal edge motion) を測定した。なお、このさいの動きの方向も、septal angle と同様前方に向かう場合を正、後方に向かう場合を負とした。僧帽弁腱索レベルでの左室短軸断面図では左室の変形を示す指標として、拡張末期での最大径と最小径との比 (max./min. diameter ratio) を算出した。

通常の左室エコー図は、Popp らの方法にて僧帽弁腱索レベルで記録し、同時記録した心電図の QRS の開始点と、収縮末期での心室中隔左室側および左室後壁エコーの最大偏位点までの距離を、それぞれ心室中隔および左室後壁運動の振幅 (IVSE および PWE) とした。

結 果

各疾患の心エコー図所見を Table 2 に示す。心室中隔運動の振幅 (IVSE) は、AR, MR の左室容量負荷群で亢進し ($p < 0.005$, $p < 0.001$)、逆に HHD や HCM の左室肥大心群や開心式僧帽弁交連部切開術後群 (OMC) で低下した ($p < 0.005$, $p < 0.05$, $p < 0.001$)。また、ASD では

IVSE はさらに低下し、負の値をとり中隔は奇異性運動を示した ($p < 0.001$)。

Fig. 2 に各群の左室長軸断面図の実例を示す。正常例では心室中隔は大動脈基部より前下方へと走行している。MR, OMC 例でも中隔の走行は正常例とほぼ同様で前下方に向かう。またファロー四徴例では大動脈と中隔との discontinuity を認めるが、中隔の走行は正常とほぼ同様である。一方、HHD 例では中隔は肥厚し左室内腔へ張り出すために、胸壁とほぼ平行に走行する。また ASD 例では左室の後方偏位が著明で中隔は後下方へ走行する。このように疾患によって中隔の走行はかなり異なる。したがって、septal angle を計測すると HHD では 6 ± 11 度 ($p < 0.001$)、HCM では 12 ± 9 度 ($p < 0.005$) と正常者での 21 ± 7 度に対して有意に低下し、また ASD では -5 ± 15 度 ($p < 0.001$) とさらに著明な低下を示した。しかし、RVPO 群や MR, AR, AS, OMC 群では septal angle は正常群と有意差は認めなかった (Table 3)。

つぎに心室中隔上端の拡張末期から収縮末期にかけての動きの大きさ、およびその方向 (amplitude and direction of superior septal edge

Table 2. Echocardiographic findings

	IVSE (cm)	PWE (cm)	IVST (cm)	PWT (cm)	LVDd (cm)
Normal	0.5 ± 0.1	1.3 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	4.7 ± 0.4
AR	$1.0 \pm 0.4^{**}$	1.3 ± 0.4	1.0 ± 0.2	$1.2 \pm 0.3^*$	$7.5 \pm 1.1^{***}$
MR	$1.1 \pm 0.2^{***}$	1.5 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	$7.0 \pm 1.0^{***}$
HHD	$0.2 \pm 0.2^{**}$	1.4 ± 0.3	$1.9 \pm 0.3^{***}$	$1.5 \pm 0.3^{***}$	$4.2 \pm 0.7^*$
AS	0.5 ± 0.5	1.2 ± 0.2	$1.9 \pm 0.3^{***}$	$1.9 \pm 0.3^{***}$	$4.3 \pm 0.5^*$
HCM	$0.3 \pm 0.1^{**}$	1.4 ± 0.2	$2.4 \pm 0.5^{***}$	$1.3 \pm 0.2^{***}$	$4.2 \pm 0.6^*$
ASD	$-0.3 \pm 0.4^{***}$	1.5 ± 0.3	$0.9 \pm 0.1^*$	0.9 ± 0.1	$3.6 \pm 0.5^{***}$
RVPO	0.4 ± 0.1	$1.1 \pm 0.1^*$	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	$3.8 \pm 0.7^{***}$
OMC	$0.2 \pm 0.2^{***}$	1.4 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	4.8 ± 0.6

* $p < 0.05$, ** $p < 0.005$, *** $p < 0.001$

IVSE: interventricular septal excursion, PWE: left ventricular posterior wall excursion, IVST: interventricular septal thickness, PWT: left ventricular posterior wall thickness, LVDd: left ventricular dimension in end-diastole, AR: aortic regurgitation, MR: mitral regurgitation, HHD: hypertensive heart disease, AS: aortic stenosis, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, ASD: atrial septal defect, RVPO: right ventricular pressure overload, OMC: open mitral commissurotomy.

motion) を検討した. 正常群では中隔上端部は収縮期に下や前方に動きその大きさは平均 12 ± 2 mm, その方向は平均 14 ± 8 度であった. この中隔上端の動きの大きさは, MR で 15 ± 3 mm,

ASD で 14 ± 3 mm と有意に亢進し, AR (9 ± 4 mm), HHD (8 ± 2 mm), AS (8 ± 3 mm), HCM (7 ± 2 mm), OMC 群 (7 ± 2 mm) で有意に低下した. また, 中隔上端の動きの方向の検討では

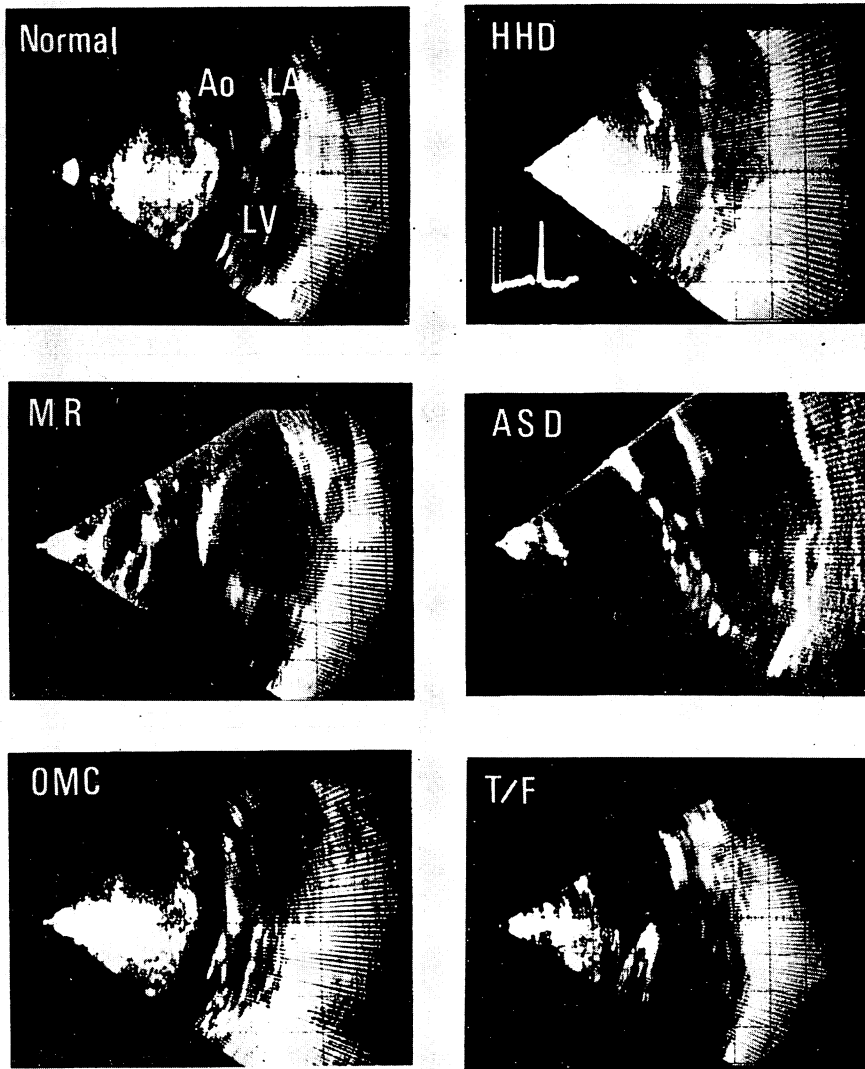


Fig. 2. Sagittal cross-sectional echogram of the left ventricle.

Note the posterior shift of the septum (decreased septal angle) in HHD and ASD.

MR: mitral regurgitation, OMC: open mitral commissurotomy, HHD: hypertensive heart disease, ASD: atrial septal defect, T/F: tetralogy of Fallot.

Table 3. Two-dimensional echocardiographic findings

	Septal angle (degree)	Motion of superior septal edge		Max./min. diameter ratio in horizontal cross section
		Amplitude (mm)	Direction (degree)	
Normal	27± 7	12± 2	14± 8	1.06±0.06
AR	17± 9	9± 4*	-28±21***	1.04±0.04
MR	24± 9	15± 3***	- 1±20*	1.07±0.04
HHD	6±11***	8± 2***	15±16	1.06±0.06
AS	19± 5	8± 3*	22±19	1.10±0.05
HCM	12± 9*	7± 2***	17±17	1.08±0.08
ASD	- 5±15***	14± 3*	21±19	1.38±0.13***
RVPO	19± 6	10± 2	9±11	1.24±0.06***
OMC	19± 7	7± 2***	42±16**	1.06±0.05

* p<0.05, ** p<0.005, *** p<0.001

AR: aortic regurgitation, MR: mitral regurgitation, HHD: hypertensive heart disease, AS: aortic stenosis, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, ASD: atrial septal defect, RVPO: right ventricular pressure overload, OMC: open mitral commissurotomy.

HHD, AS, HCM, ASD, RVPO 群では正常群とほぼ同方向の動きを示したが, MR, AR の左室容量負荷疾患群では -1±20度, -28±21度と下方または下後方に動くようになり, 一方, OMC では 42±16度と前方向への動きが増加した.

僧帽弁腱索レベルでの左室短軸断面図の検討では拡張末期の最大径と最小径の比 (max./min. diameter ratio) は ASD では 1.38±0.13 (p<0.001) と, 正常群 (1.06±0.06) に比べ著明な左室短軸断面像の変化が認められた. また, RVPO 群でもこの比は 1.24±0.06 (p<0.001) と増大し, 左室の楕円化が認められた.

つぎに心エコー図上の心室中隔運動 (IVSE) と, septal angle および中隔上端部の動きとの関係につき検討した. Fig. 3 には, 各疾患群の IVSE の平均値と septal angle の平均値との関係を示すが, MR, AR, OMC 群を除く正常群, HHD, AS, HCM, ASD, RVPO 群において両者の間に正の相関が認められた (r=0.96). 一方, 中隔上端部の動きの方向と IVSE との関係を検討すると, Fig. 4 に示すように正常群, AR, MR, AS, RVPO, OMC 群において逆相関が認められた (r=-0.85). したがって, ASD, HHD, HCM

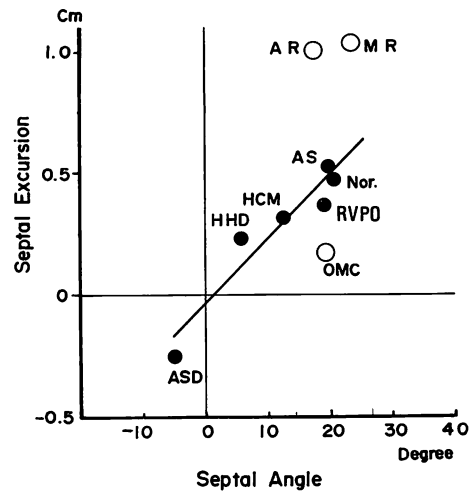


Fig. 3. Relation between septal excursion and angle.

Both are presented as mean values. Note good correlation in groups with closed circles.

AR: aortic regurgitation, MR: mitral regurgitation, HHD: hypertensive heart disease, AS: aortic stenosis, HCM: hypertrophic cardiomyopathy, ASD: atrial septal defect, RVPO: right ventricular pressure overload, OMC: open mitral commissurotomy.

における中隔運動の低下には septal angle の低下が関与し, MR, AR での中隔運動の亢進や

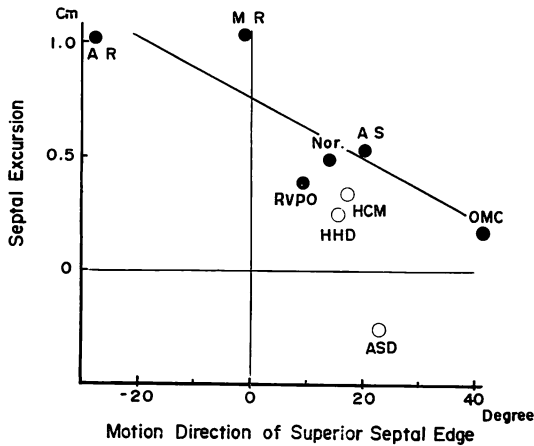


Fig. 4. Relation between septal excursion and motion-direction of the superior septal edge.

Both are presented as mean values. Note good correlation in groups with closed circles. Abbreviations are as in Fig. 3.

OMC 群の中隔運動の低下には、上部中隔の動きの方向が強く関連していることが示唆された。

考 案

1969年 Popp ら¹⁾の心室中隔エコーに関する最初の報告以来、右室容量負荷疾患における心室中隔の奇異性運動はその診断上重要な所見として注目され、またその機序に関してもいろいろな検討がなされてきた。とくに、心房中隔欠損症(ASD)では心室中隔の異常運動の程度と左→右短絡率とはある程度相関することが報告されており、Diamond らは左右心室の拍出量の差がその原因と考察している。また Meyer ら⁷⁾は、シネアングログラムの検討を行い、右室拡大により後方に偏位した左室が、収縮期に右室拍出量の増大のため前方に引きよせられることがその原因と述べている。ところが、このような中隔の異常運動は ASD の術後にもかなり残存することが報告されており、また中隔の異常運動と短絡率とが必ずしも一致しない例もみられ、以上のような血行動態面からの考察のみではその機序の説明としては不十分であ

ろう。

近年、右室容量負荷疾患における心臓の解剖学的変化が心室中隔の異常運動の原因とする説がだされてきた。たとえば、Pealman ら⁸⁾は心室中隔は収縮期に心臓の中心方向に動くため、右室拡大があれば前方へ、左室拡大例では後方へ動くことになる」と説明している。また Weyman ら⁹⁾は、超音波断層法を用いて左室短軸断層面の検討を行い、ASD では拡張期に左室が楕円形に変形しており、収縮早期にこれが正円化することが中隔の異常運動の原因と述べている。確かに、収縮早期の中隔の異常前方運動は Weyman らの説で解釈しうるが、しかし、収縮中期から後期にかけても中隔運動の異常がみられることや、本研究で示されたように左室の変形のない OMC 群などでも中隔運動の異常が認められることなどは、Weyman らの説のみでは十分に説明しえない。

著者らも先に超音波断層法を用い ASD における中隔の異常運動の検討を行って、その成因として、前胸壁と心室中隔の解剖学的位置関係が重要であることを指摘した^{10,11)}。すなわち、収縮期

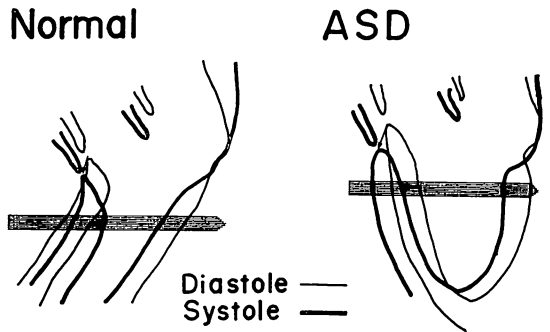


Fig. 5. Diagram illustrating the mechanism of the paradoxical septal motion in atrial septal defect (ASD).

In the normal heart, the septum runs anteriorly from the aortic root. However, right ventricular dilatation in ASD shifts the septum posteriorly and septal angle becomes negative. With the systolic antero-downward motion of the upper septum, this change in the septal anatomy brings the paradoxical septal motion.

の心基部の運動を検討すると、右室前壁は下やや後方に動き、大動脈は前下方に、左室後壁は前やや下方に動き、したがって、心室中隔上部は下やや前方に移動する。

また、**Fig. 5** に示すように、正常では心室中隔は大動脈基部より前下方に向かうのに対して、ASD では著明な右室拡大のため中隔は後下方に走行する。このため、中隔の前下方運動に伴い心室中隔は正常では探触子より遠ざかる方向(後方)に動くのに対して、ASD では探触子に近づく方向(前方)に動く結果となる。今回の結果からも、ASD, HCM, HHD において、中隔運動の低下と septal angle の間には、密接な相関が認められ(**Fig. 3**)、ASD のほか、HCM, HHD などの左室肥大心でみられる中隔運動の異常にも、中隔の解剖学的変化が強く関連しているものと考えられた。逆に右室圧負荷疾患では、左室短軸断面図で内腔が楕円形化する傾向がみられるものの septal angle はほぼ正常であり、このため中隔運動の異常は認められないものと考えられる。

ところが、MR, AR, OMC 群ではこの septal angle と中隔運動の相関関係は全くみられず、これらの疾患群での中隔運動の異常は septal angle では説明できない。しかし、これらの疾患群での心室中隔の動きの異常は、**Fig. 4** に示すように、収縮期の中隔運動とより強く関連していた。すなわち、正常では中隔上端部は収縮期に前下方に動くのに対して、AR, MR の左室容量負荷疾患では中隔が下方またはやや後下方に動き、MR ではその動きの大きさも亢進し、このために中隔運動が亢進するものと考えられる。一方、OMC では開心術後の心外膜の癒着により心基部の下方運動が妨げられ、その結果、中隔はより前方に動くようになり、このために中隔運動が低下するものと考えられる。

したがって、本研究の結果より心筋梗塞、心室内伝導障害を除く各種心疾患における中隔運動の異常の成因を考えると、**Fig. 6** に示すような機序が考えられる。右室容量負荷疾患(ASD)では

右室の著明な拡大のために、また HHD, HCM などの左室肥大心では中隔の肥厚のために septal angle が低下し、このため中隔運動が低下する。一方、OMC などの心外膜癒着例では、中隔運動の低下は心外膜の癒着による中隔運動の方向の異常によるものと考えられる。また、左室容量負荷疾患では左室拍出量増大のため中隔がむしろ後下方に動くようになり、このために中隔運動が亢進するものと考えられる。また、ASD, MR では中隔運動の大きさも亢進し、これらの疾患での中隔運動の異常をさらに増長しているものと考えられる。以上のように、心エコー図上の心室中隔運動は、主として、1) 心室中隔と前胸壁との解剖学的位置関係(septal angle)と、2) 上部心室中隔の動きの方向、およびその大きさにより決定され、さらに収縮早期の中隔の異常運動には、Weymanらの指摘したような左室の変形が関与しているものと考えられる。しかし、このほかにも、とくに肥大心などでは心室中隔自身の厚みの増加、心尖部の後方運動などが中隔運動にかなり影響している症例もあり、これらの点に関しては今後さらに検討を重ねていく必要がある。

要 約

心エコー図上、重要な所見である心室中隔の異常運動の成因につき、高速度超音波断層法を用いて検討した。心房中隔欠損症では著明な右室拡大のために、左室肥大心では心室中隔の肥厚のために、ともに前胸壁と心室中隔との解剖学的位置関係(septal angle)が変化し、このために心室中隔運動の低下や奇異性運動を呈するものと考えられた。一方、大動脈弁および僧帽弁閉鎖不全など、左室容量負荷疾患にみられる心室中隔運動の亢進には、上部心室中隔が正常に比べより下後方向に動くことが強く関与し、また開心式僧帽弁交連切開術後患者にみられる中隔運動の低下は、心外膜癒着により心基部の下方運動が妨げられ、その結果心室中隔がより前方向に動くためと考えられた。左室短軸断層図の検討では、右室拡張期および収

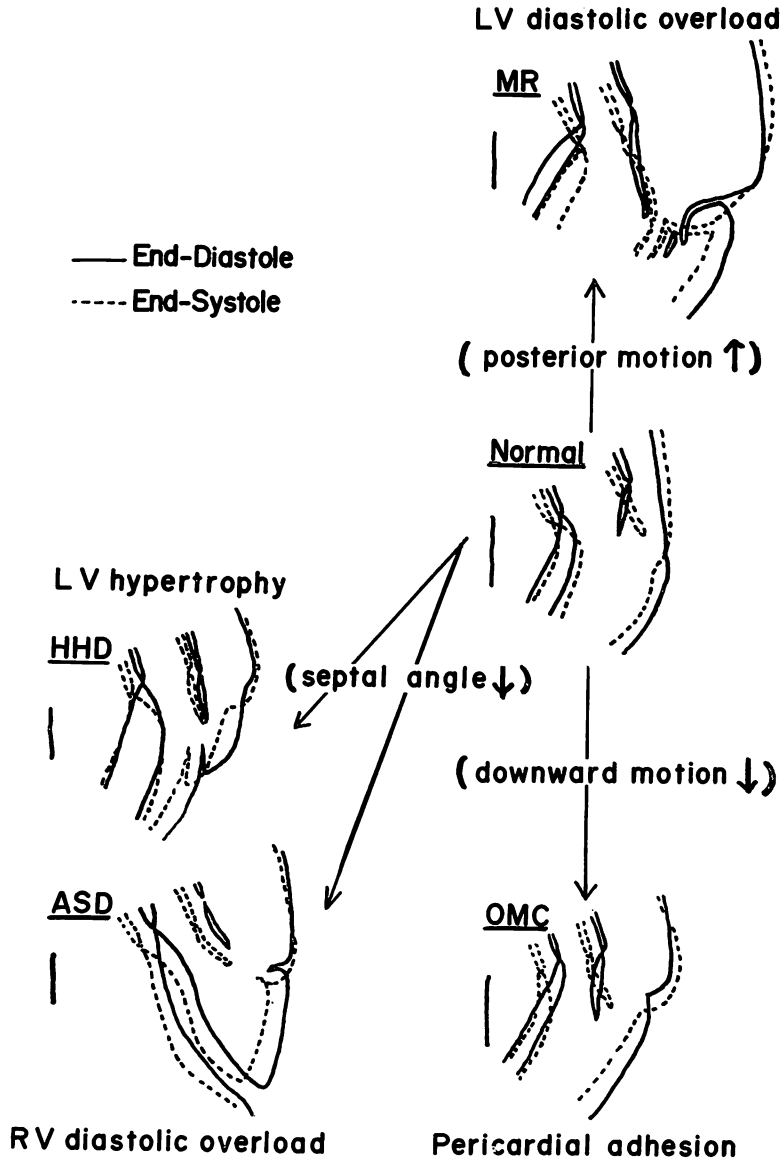


Fig. 6. Diagram illustrating the mechanism of the abnormal septal motion in various heart diseases.

Change in anatomy of the septum (decreased or negative septal angle) gives flat or paradoxical septal motion in patients with left ventricular hypertrophy or right ventricular volume overload. In left ventricular volume overload, more posteriorly directed motion of the upper septum would be responsible for the augmented septal excursion. Decrease in downward motion of the upper septum due to the pericardial adhesion would be a possible explanation for the reduced septal excursion in patients with open mitral commissurotomy.

縮期負荷疾患群で左室の楕円化が認められ、これは右室拡張期負荷疾患の収縮早期の中隔の異常運動にのみ関与しているものと考えられた。以上より心室中隔運動は、1) 前胸壁と心室中隔との解剖学的位置関係 (septal angle) および、2) 上部心室中隔の動きの方向に主として規定されるものと考えられた。

文 献

- 1) Popp RL, Wolf SB, Hirata T, Feigenbaum H: Estimation of right and left ventricular size by ultrasound. *Amer J Cardiol* **24**: 523, 1969
- 2) Diamond MA, Dillon JC, Haine CL, Chang S, Feigenbaum H: Echocardiographic features of atrial septal defect. *Circulation* **43**: 129, 1971
- 3) 古賀義則, 中村一彦, 鴨川隆彦, 古城正人, 戸嶋裕徳, 木村 登, 古賀伸彦: 右室拡張期負荷を認めない症例における中隔の異常運動について. *日超医講演論文集* **24**: 101, 1973
- 4) McDonald IG: Echocardiographic demonstration of abnormal motion of the interventricular septum in left bundle branch block. *Circulation* **43**: 272, 1973
- 5) Burggraf GW, Craige E: Echocardiographic studies of left ventricular wall motion and dimensions after valvular heart surgery. *Amer J Cardiol* **35**: 473, 1975
- 6) 木村 登, 戸嶋裕徳, 古賀義則, 吉岡春紀, 陣内重三, 豊増弘幸, 横倉義武, 大石喜六: 心臓手術後にみられる心室中隔の異常運動の検討. *日超医講演論文集* **28**: 253, 1975
- 7) Meyer RA, Schwartz DC, Benzing G, Kaplan S: Ventricular septum in right ventricular volume overload. *Amer J Cardiol* **30**: 349, 1972
- 8) Pealman AS, Clark CE, Henry WL, Morganroth J, Itscoitz SB, Ebstein SE: Determination of ventricular septal motion. *Circulation* **54**: 83, 1976
- 9) Weymann AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload. *Circulation* **54**: 179, 1976
- 10) 戸嶋裕徳, 陣内重三, 吉岡春紀, 古賀義則, 木村登: 心房中隔欠損症における心室中隔の異常運動の成因. *医学のあゆみ* **99**: 747, 1976
- 11) 木村 登, 陣内重三, 古賀義則, 吉岡春紀, 戸嶋裕徳: 高速度超音波断層法による心房中隔欠損症の心室中隔運動の検討. *日超医講演論文集* **30**: 279, 1976