The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	心血管造影による小児左室容量,壁運動の正常指標の確立と疾患群における検討
Author(s)	栗林, 幸夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(7), p. 899-914
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19562
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

日本医放会誌：49（7），899—914，1989（平1）

心血管造影による小児左室容量，壁運動の正常指標の確立と疾患群における検討

東海大学医学部放射線科（主任：松山　正也教授）
栗　林　幸　夫

（平成元年2月17日受付特別掲載）
（平成元年5月11日最終原稿受付）

Angiocardiographic Evaluation of Left Ventricular Volumes and Wall Motion in Infants and Children: Determination of Normal Values and Analysis in Diseased Hearts

Sachio Kuribayashi
Department of Radiology, Tokai University School of Medicine

Research Code No. : 507.4

Key Words : Left ventricular function, Angiocardiography, Congenital heart disease, Kawasaki disease

Normal values of left ventricular (LV) function were determined angiographically in 50 normal infants and children. With these normal control data, LV function was assessed in 44 patients with a variety of cardiac diseases.

LV volumes were calculated from 30° right anterior oblique cineangiograms using area-length method. Normal values for LV end-diastolic volume (LVEDV) was expressed as a function of body surface area (BSA): LVEDV=72.4 $(BSA)^{1.16}$. The ratio of measured value to predicted normal value was calculated in the evaluation of diseased hearts. Mean LV ejection fraction (LVEF) in the normal group was 58.9 ± 5.7%. There was no apparent correlation between LVEF and BSA or age of the patients. For the objective analysis of regional wall motion, the most adequate method was Area method which divides left ventriculogram into 5 regions. Mean ejection change in each region in the normal group was as follows; segment 1 (anterobasal) 52.4 ± 6.9 (SD)%, segment 2 (anterolateral) 42.6 ± 7.8%, segment 3 (apical) 46.3 ± 6.7%, segment 4 (diaphragmatic) 37.0 ± 7.0% and segment 5 (posterobasal) 29.0 ± 5.6%.

In the group of congenital heart disease with L-R shunt, 16 of 20 patients showed apparent increase of LVEDV. It remained within the normal range in 3 patients who had small shunt. There was no case which showed decreased LVEF or impaired regional wall motion. Both of the 2 patients with congestive cardiomyopathy showed increased LVEDV and decreased LVEF. Generalized hypokinesis of LV was recognized in one of them. In the group of Kawasaki disease with abnormal coronary arteries, which consisted of 27 ventriculograms in 22 patients, increased LVEDV and decreased LVEF were recognized in patients with coronary artery occlusion or large aneurysm. Decreased wall motion was observed in the territories of abnormal coronary arteries presenting occlusion or large-to-medium-sized aneurysm.

緒　言

心血管造影の適応となる小児期の心疾患の大部分は，種々の先天性心奇形や川崎病症例であり，検査に際しては詳細な解剖学的変化の解明が基本となる．しかしながら，最近では左室機能を中心とする心機能面からの検討も重要視されてきており，先天性心疾患の術前，術後の評価における指標として用いられ[1)~5)]，また川崎病症例では冠動脈病変に伴う左室機能異常の把握が成人冠動脈疾患と同様に重要となってきている[6)~8)]．

小児の心機能評価では左室容積，駆出率，壁運動などの左心機能の評価が中心となるが，成人と異なり対象患児の年齢や身体の大きさが広い範囲に分布していること，さらに正常対照を得にくいことなどの理由から，評価の際の基礎となるこれらの指標の正常域に関して十分な検討がなされているとは言えない．

本論文の目的は，心血管造影にて得られるこれらの小児左室機能指標の正常域を確立し，さらにこれをもとに種々の心疾患における左室機能の変化を検討することにある．

対　象

正常指標を求める上で対象としたのは，冠動脈造影にて異常所見の見られなかった川崎病既往児であり，これら129例の中から左室造影に際し期外収縮を生じた症例，拡大率補正が不適確であった症例などを除外し，評価に適切と思われた50例の左室造影を正常対照とした．これら50例の性別は男児26例，女児24例であり，造影時年齢は4ヵ月～9歳2ヵ月（平均2歳11ヵ月）であった．これらの症例では，心血管造影はCRP陰性などの検査所見を含め急性炎症を示す全ての臨床所見が消失してから施行され，大部分の症例では発症後1～3ヵ月の間に行なわれた．施行時の心電図は全例正常であった．

疾患群として検討対象としたのは，心室中隔欠損（VSD）13例，動脈管開存（PDA）3例，VSD＋PDA 3例，左室右房交通症（LV-RA communication）1例を含む先天性左右短絡疾患20例，拡張型心筋症2例，さらに異常冠動脈造影所見を呈した川崎病症例22例における27回の左室造影，計44例49回の左室造影である．川崎病の異常冠動脈造影所見は，閉塞あるいは75％以上の有意狭窄病変を有する群と動脈瘤のみを有する群に大別し，さらに後者は厚生省川崎病研究班の診断基準[9)]に基づき動脈瘤の大きさから分類し，動脈瘤の径が周辺冠動脈の径の4倍以上のものを動脈瘤―大，1.5倍以上で4倍未満のものを動脈瘤―中，1.5倍以下のものは動脈瘤―小あるいは限局性拡大と分類した．病変が混在する場合は，閉塞あるいは狭窄性病変，動脈瘤―大，中，小の順に優先して分類した．27回の左室造影時の冠動脈造影所見は，閉塞あるいは狭窄性病変を呈したもの9例，動脈瘤―大5例，動脈瘤―中5例，動脈瘤―小8例であった．

方　法

1．左室造影

左室造影には4～5Fr. pigtailカテーテルを使用した．造影剤には76％UrografinあるいはIopamidol-370を用い，1.0～1.2ml/kgを1.0～1.5秒で注入した．撮像には60コマ/秒での35mmシネ撮影を用い，右前斜位（RAO）30°，左前斜位（LAO）60°の同時二方向撮影あるいはRAO 30°の一方向撮影を行なった．左室造影は全ての症例で冠動脈造影に先行させて施行し，また造影中期外収縮を生じた症例は検討対象から除外した．手技はKetalar（Ketamine hydrochloride）3mg/kgを筋注し全身麻酔下に施行し，術中のKetalarの追加には1mg/kgの静注を用いた．

2．容量解析および駆出率の算定

容量解析には35mm cine-viewer（Vanguard XR-35）を用い，左室造影RAO 30°像の拡張末期および収縮末期像の輪郭を透明フィルム上にトレースし，これをもとに画像解析装置（MSR社製Picture Analyser Σ-5）を使用し，area-length法[10)]を用いて左室拡張末期容積（LVEDV），収縮末期容積（LVESV）を求め，さらにこれらより駆出率（EF）（〔LVEDV－LVESV〕/LVEDV×100％）を算出した．正常指標はLVEDVおよびEFの両者につき求め，さらに疾患群において検討を加えた．

計測に際しての拡大率補正については，左室の中心の高さに1cm間隔のgridを置き，撮影時と

X線管球—蛍光増倍管（I.I.）距離を同一にしてこのgridの正面像をシネフィルムに撮像し，これをもとに補正を行なった．Cine-viewer上でのgridのトレースに際しては，I.I.の蛍光面による球面収差に起因して生じる周辺部での歪みによる誤差[11]を避けるため，左室造影像に一致する部位でgridのトレースを行ない，拡大率の補正に用いた．

3．壁運動の評価

1）評価法

左室局所壁運動の正常域を求めるに際し，まず異なる5種類の評価法を比較検討した．これらは大きくRadial法とArea法に分類される（Fig. 1）．

Radial法（Fig. 1A）では，RAO 30°の左室造影像の面積重心（左室造影像の左右，上下それぞれの面積を2等割する点）あるいは長軸中点（大動脈弁口部中点と，その点から最も遠い点を結んだ線を2等分する点）を基準にして拡張末期，収縮末期像を重ね合わせ，さらにこれらの点を中心にして大動脈弁口部中点から15°づつ放射軸を描き，それぞれの軸長の短縮率（〔拡張期軸長—収縮期軸長〕/拡張期軸長），あるいはこれらの線によって囲まれる領域の面積の縮小率（〔拡張期面積—収縮期面積〕/拡張期面積）を求め壁運動の指標とした．この方法により左室右前斜位像は24本の放射軸により24の領域に細分化されるが，壁運動の評価に際しては大動脈弁口部および僧帽弁口部に一致する4領域を除外し，残りの20領域を5等分し

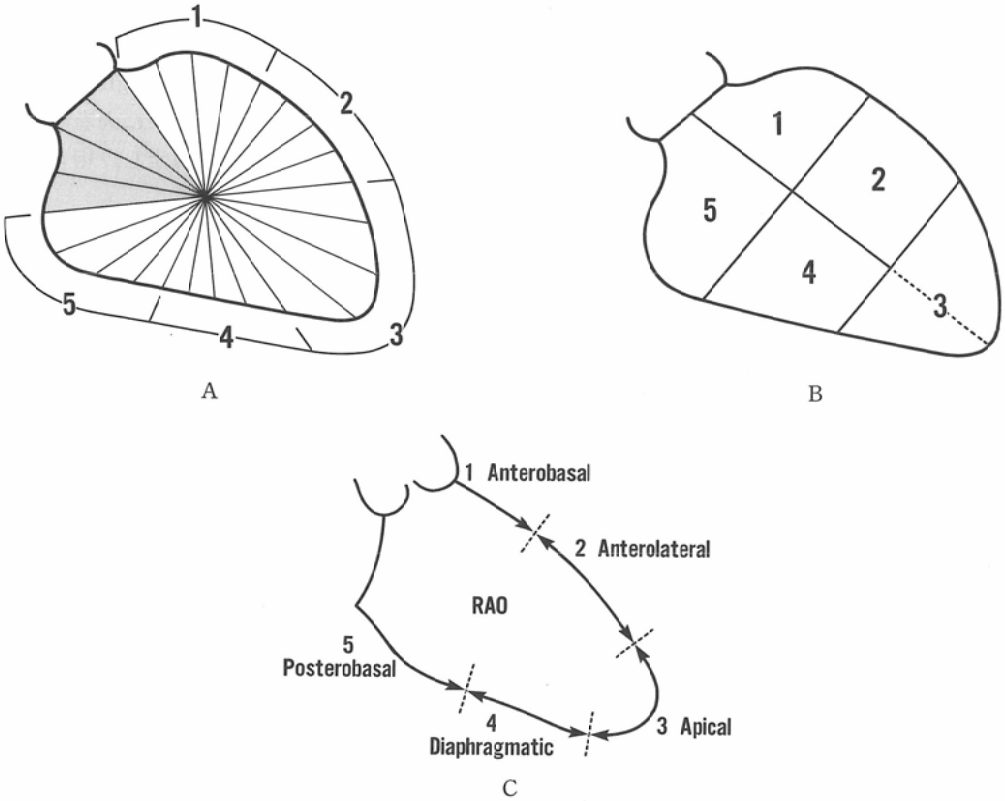


Fig. 1　Techniques used for wall motion analysis
A : Radial method with 20 radial line- or area-measurements. Four regions involving aortic and mitral valve orifices were excluded. B : Area method with five area-measurements. In each technique, percent change of measurements from end-diastole to end-systole was calculated in segments 1～5, corresponding to the classification proposed by American Heart Association (C).

Table 1　Methods of wall motion analysis

Method	Ejection Change	Superimposition
Radial Method-1	Length of axis	Center of gravity
Radial Method-2	Length of axis	Midpoint of long axis
Radial Method-3	Regional area	Center of gravity
Radial Method-4	Regional area	Midpoint of long axis
Area Method	Regional area	

て segment 1～5 に分け，各々の segment に含まれる4本の軸長の短縮率あるいは4領域の面積の縮小率の平均を求め，それぞれの segment の壁運動の指標とした．Radial 法は，指標として軸長の短縮率と面積の縮小率のいずれを用いるかで2種類に分けられ，さらにそれぞれ造影像の重ね合わせの方式で2種類に分けられるので，計4種類の評価法に分類される（Table 1）．

Area 法（Fig. 1B）では，Gelberg ら[12]の方法に準じ左室長軸を3等分する点から垂線を引き，左室を6つの領域に分け，さらに心尖部の2区域を合せて一つの領域として扱うことにより右前斜位像を5つの領域に分割した．各領域を Radial 法と同様に segment 1～5 に分類し，それぞれの領域の面積の縮小率を求め，壁運動の指標とした．

Radial 法，Area 法とも segment 1～5 はそれぞれ AHA 分類[13]の Anterobasal, Anterolateral, Apical, Diaphragmatic, Posterobasal（Fig. 1C）に対応する．

2）評価法相互の比較

これら異なる評価法相互を比較するために，各評価法および左室壁各 segment ごとに正常対照50例より求めた計測値の分散の程度を比較検討した．これは計測値の標準偏差（SD）/平均値（M）で表わされ，これを変動係数（Coefficient of variation）として評価法相互の比較の指標に用いた．この係数の小さいものほど計測値の分散が少なく，より評価に適した方法といえる．このようにして5種類の評価法の中から係数の小さな2種類の評価法を選択した．

さらに，これら2種類の評価法につき異常壁運動の検出率を比較し，最適なる評価法を選択した．これには，肉眼的なシネフィルムの観察で明らかな運動異常（dyskinesis, akinesis, 著明な hypokinesis）を呈した17の左室壁 segment を疾患群の中から抽出し，これらを対象に両者の評価法による異常壁運動の検出率を算定し，相互の比較を行なった．

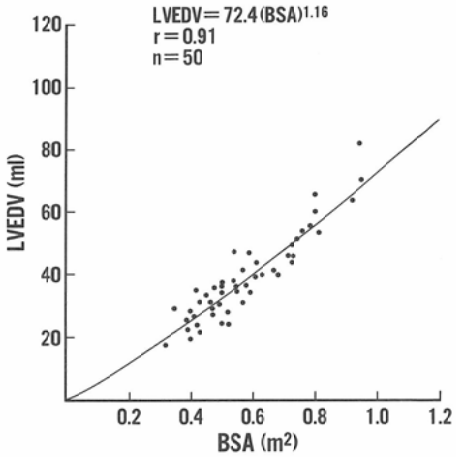


Fig. 2　Left ventricular end-diastolic volume as a function of body surface area in normal infants and children.

結　　果

1．左室拡張末期容積（LVEDV）

1）正常値

正常50症例において算出した LVEDV の値を体表面積（BSA）に対応して表わしたのが Fig. 2 である．LVEDV は BSA のべき関数で表わされ，両者の関係は LVEDV＝72.4（BSA）$^{1.16}$の回帰式で表わされ，r＝0.91の相関が認められた．50症例おのおのの実測値と Fig. 2 の実線で表わされる正常値との比は1±0.15（SD）であり，これは正常症例の計測値の分散の程度を表わしている．

2）疾患群における検討

左右短絡疾患20例および拡張型心筋症2例における LVEDV の値をそれぞれの症例の BSA に対応する正常値との比で表わしたものが Fig. 3A である．図の点線で囲まれた部分は正常値±2SD の正常域を示し，両側危険域を採る t 分布によると正常例の95％がこの領域に存在する．左右短絡疾患20例中16例では明らかに LVEDV が増加しており，左室容量負荷を良く反映している．

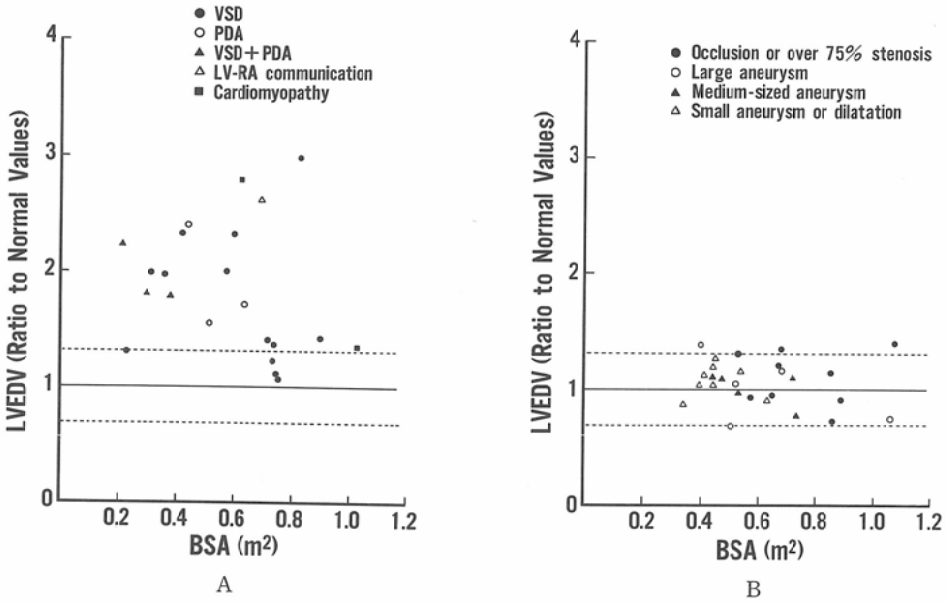


Fig. 3　Left ventricular end-diastolic volume (ratio to normal values) on the ordinate versus body surface area on the abscissa in patients with diseased hearts. The solid and dashed lines represent the mean±2SD in the normal group.
A: Congenital heart disease with left to right shunt and congestive cardiomyopathy. B: Kawasaki disease presenting abnormal coronary arteries.

LVEDV が正常域内に認められた3症例はいずれも VSD 症例であるが，肺体血流量比（Q_p/Q_s）はいずれも1.4以下と短絡量の少ない症例であった．

異常冠動脈所見を呈した川崎病症例における LVEDV については Fig. 3B に示した．22例における27回の造影のうち LVEDV の増加を呈したのは3症例であり，このうち2例は冠動脈の閉塞を伴い，1例は冠動脈瘤一大を呈した症例であった．

2. 左室駆出率（LVEF）

1）正常値

正常50症例における LVEF の値を BSA に対応して示したのが Fig. 4 である．両者の関係は LVEF＝0.7（BSA）＋58.5で表わされたが，両者の間には明らかな相関関係は認められなかった．これら50症例の LVEF の mean±SD は58.9±5.7%であった．

2）疾患群における検討

正常域を mean±2SD と規定して疾患群を検討すると，異常冠動脈を有する川崎病症例群においては，冠動脈閉塞あるいは有意狭窄を有した9例中3例で LVEF は有意な低下を示した（Fig. 5A）．また動脈瘤一大を有し狭窄性病変を合併しなかった1例でも LVEF は低下を示した．これら

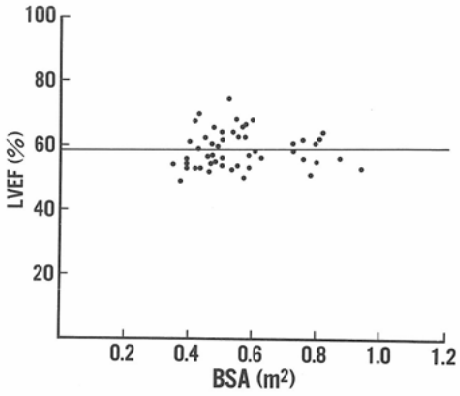


Fig. 4　Left ventricular ejection fraction as a function of body surface area in normal infants and children.

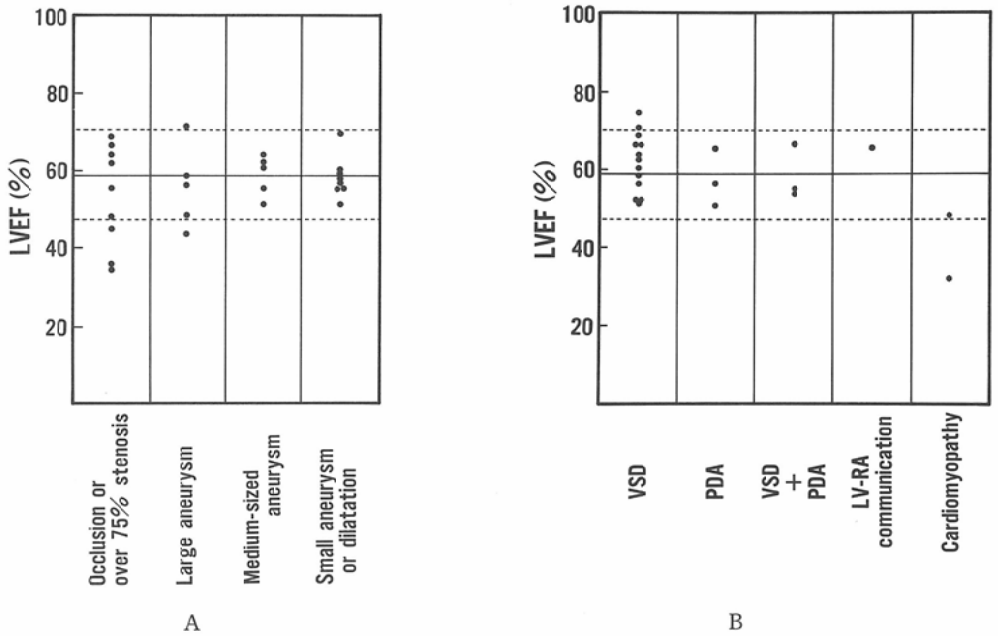


Fig. 5 Left ventricular ejection fraction in diseased hearts. The solid and dashed lines represent the mean±2SD in the normal group.
A: Kawasaki disease with abnormal coronary arteries. B: Congenital heart disease with left to right shunt and congestive cardiomyopathy.

とは対照的に，動脈瘤一中ないし小のみを呈した症例ではLVEFの低下を示した例は存在しなかった．

左右短絡疾患群20例ではVSD 2例においてLVEFの亢進を認めたが低下を示した例はなく，残り18例は全て正常範囲内の数値を示した（Fig. 5B）．拡張型心筋症では1例では著明に低下し，他の1例も下限に近い値を示した．

3. 左室壁運動

1）評価法の比較検討

正常50例の解析で得られた左室壁運動の指標値（mean±SD）を5種類の異なる評価法ごとにFig. 6に示した．図の横軸は左室壁の各segment，縦軸は軸長の短縮率あるいは領域面積の縮小率をejection change（%）として表わした．評価法により左室壁各segmentの指標値はかなり異なっていた．

これらの評価法相互を比較するために算出したejection changeおよびその変動係数（標準偏差/平均値）を各評価法ならびに各左室壁segmentごとに示したのがTable 2である．4種類のRadial法（Radial法-1～4）の中では重点中心重ね合わせを用い領域面積の縮小率で評価する方法（Radial法-3）の変動係数が0.15と最も小さかったが，Area法における変動係数も0.16と小さく，両者の間には有意差は存在しなかった．

最適な評価法を選択するため，さらにこれら2種類の評価法を用いて，先に述べた17の左室壁segmentの運動を評価し，各々の方法による異常壁運動の検出率を算定して相互を比較検討した．Table 3に結果を示したが，検出率はArea法（88%）の方がRadial法-3（76%）より優れていた．以上より小児の左室壁運動異常の評価にはArea法が最も適した評価法と考えられた．

2）正常値

Area法を用いた解析による正常50例の左室壁各領域における面積縮小率のmean±SDは，segment 1（anterobasal）52.4±6.9%，segment 2（anterolateral）42.6±7.8%，segment 3（apical）46.3±6.7%，segment 4（diaphragmatic）37.0±

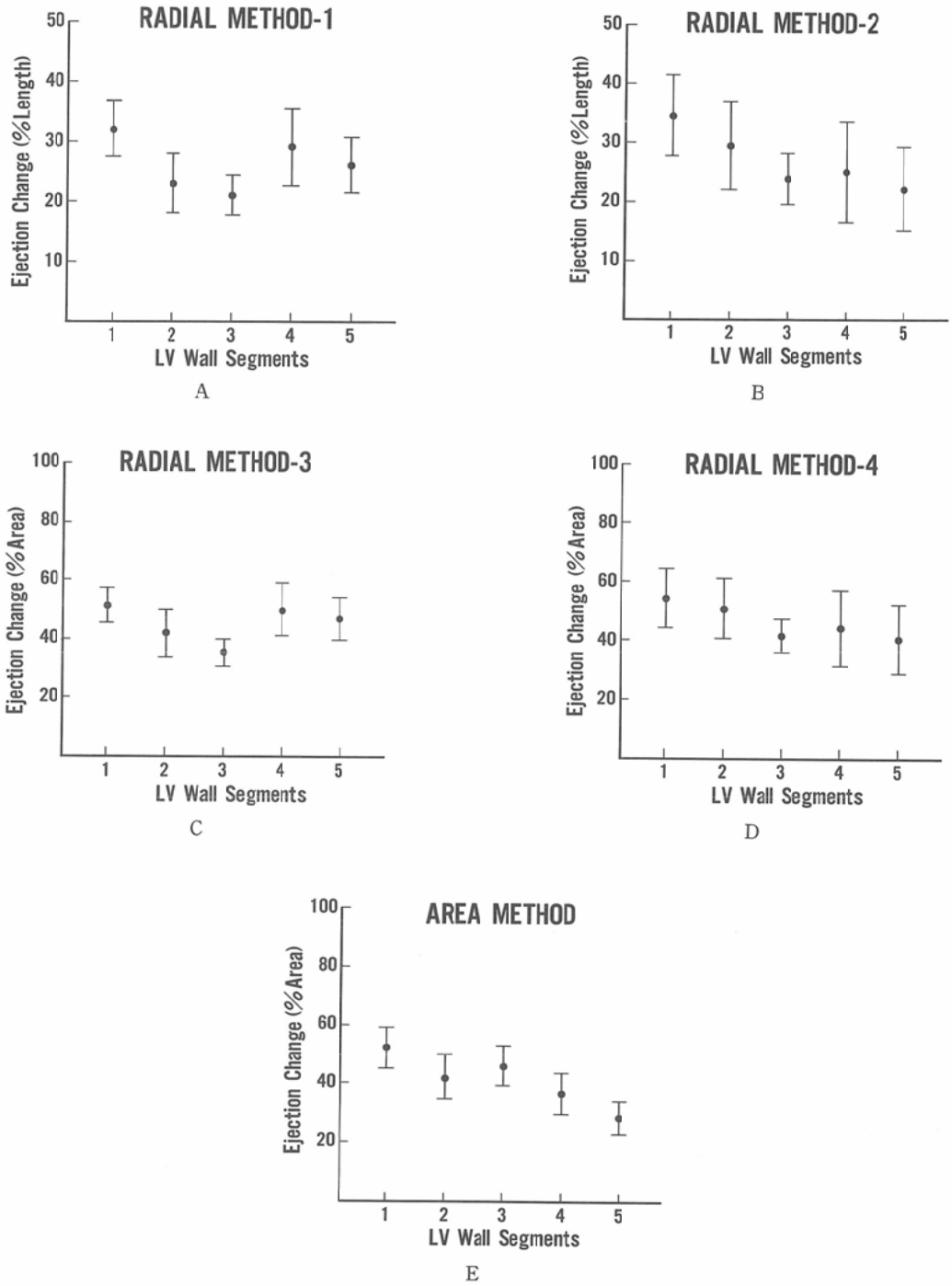


Fig. 6　Normal mean ejection change for each left ventricular wall segment with five different methods. Percent change of the length of axis or regional area is expressed as ejection change on the ordinate. All values represent the mean± 1SD.

A: Radial method-1, B: Radial method-2, C: Radial method-3, D: Radial method-4, E: Area method

Table 2 Segmental ejection changes in normal patients (n=50)

Method	Superimposition	LV Wall Segment	Ejection Change(%) Mean±SD	Coefficient of Variation	
Radial Method-1 (Length of axis)	Center of gravity	1. Anterobasal	32.1±4.6	0.14	mean 0.18
		2. Anterolateral	23.0±4.9	0.21	
		3. Apical	21.2±3.3	0.16	
		4. Diaphragmatic	29.1±6.5	0.22	
		5. Posterobasal	26.1±4.6	0.18	
Radial Method-2 (Length of axis)	Midpoint of long axis	1. Anterobasal	34.6±6.9	0.20	mean 0.26
		2. Anterolateral	29.6±7.5	0.25	
		3. Apical	23.9±4.4	0.18	
		4. Diaphragmatic	25.1±8.6	0.34	
		5. Posterobasal	22.3±7.2	0.32	
Radial Method-3 (Regional area)	Center of gravity	1. Anterobasal	51.4±6.1	0.12	mean 0.15
		2. Anterolateral	41.9±8.0	0.19	
		3. Apical	35.4±4.5	0.13	
		4. Diaphragmatic	50.2±9.0	0.18	
		5. Posterobasal	47.1±7.2	0.15	
Radial Method-4 (Regional area)	Midpoint of long axis	1. Anterobasal	54.7±10.1	0.18	mean 0.22
		2. Anterolateral	51.1±10.3	0.20	
		3. Apical	41.8±5.9	0.14	
		4. Diaphragmatic	44.5±12.7	0.29	
		5. Posterobasal	40.7±11.8	0.29	
Area Method (Regional area)		1. Anterobasal	52.4±6.9	0.13	mean 0.16
		2. Anterolateral	42.6±7.8	0.18	
		3. Apical	46.3±6.7	0.14	
		4. Diaphragmatic	37.0±7.0	0.19	
		5. Posterobasal	29.0±5.6	0.19	

Table 3 Detectability of the 17 abnormal segments by Radial method-3 and Area method

	LV Wall Segments					Abnormal Segments Detected (n=17)
	Antero-basal (n=1)	Antero-lateral (n=4)	Apical (n=6)	Diaphrag-matic (n=3)	Postero-basal (n=3)	
Radial Method-3	1	2	4	3	3	13(76%)
Area Method	1	3	6	3	2	15(88%)

7.0%，segment 5 (posterobasal)29.0±5.6%であり，segment 4～5のほうがsegment 1～3より縮小率が低い傾向を示した（Fig. 6E）．壁運動の正常域としてはmean±2SDの範囲を設定した．

3）疾患群における検討

疾患群の壁運動の評価に際し，臨床的には運動低下が主たる問題となることを考慮し，この点にのみ注目して検討した．Area法による左室壁各segmentの面積縮小率が正常群のmean−2SD以下のものを有意な低下とした．片側危険域を採るt分布によると，正常例がmean−2SD以下に分布する確率は3％以下である．

異常冠動脈を有する川崎病症例における壁運動の変化はFig. 7に示した．冠動脈閉塞あるいは75％以上の有意狭窄を呈した9例では左室壁45 segment中10 segment（22.2％）で有意な運動低下を示し，動脈瘤一大を有した5例では25 seg-

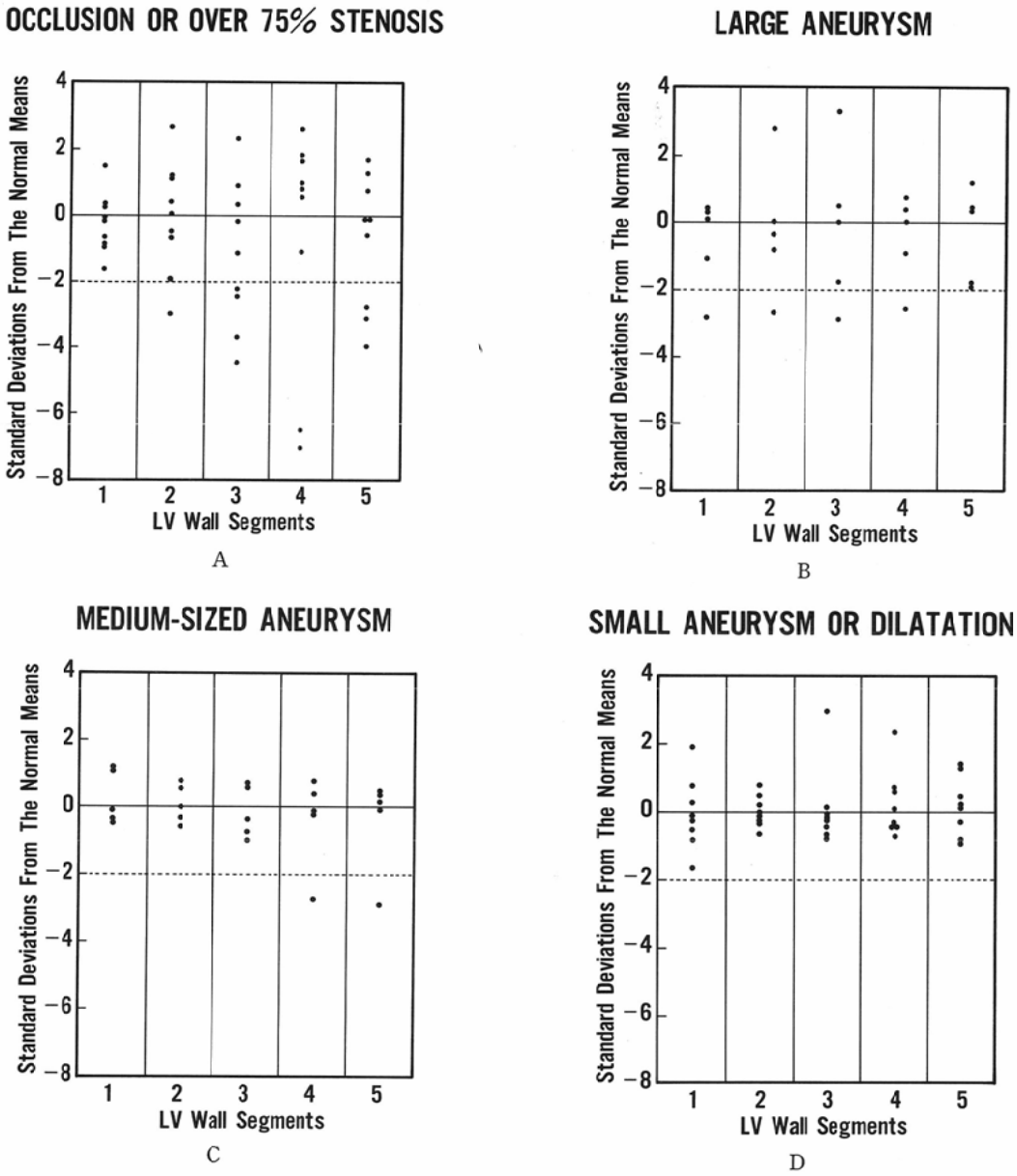
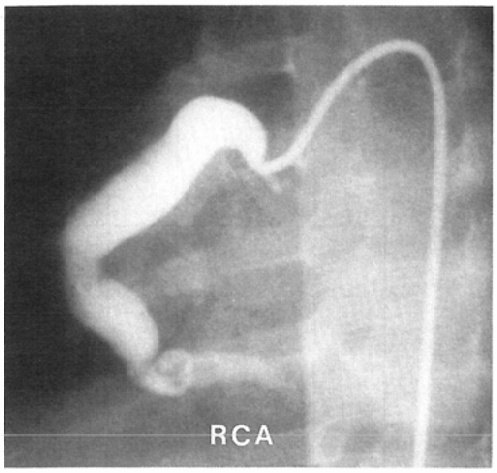
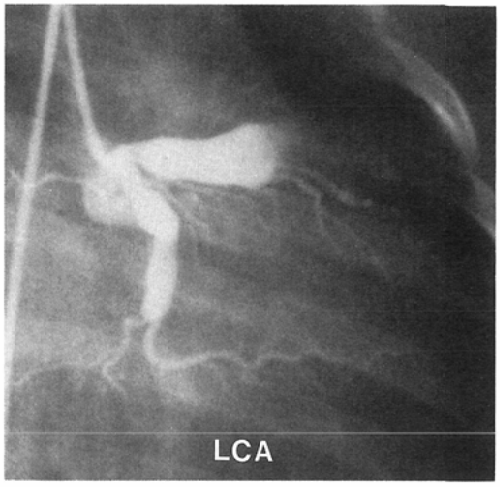


Fig. 7　Left ventricular wall motion in Kawasaki disease with abnormal coronary arteries. Variations of wall motion from the normal means are expressed as the number of normal standard deviations on the ordinate for each left ventricular wall segment on the abscissa. Dashed line represents lower limit of normal which is the mean−2SD in the normal group.
A: Occlusion or over 75% stenosis, B: Large aneurysm, C: Medium-sized aneurysm, D: Small aneurysm or localized dilatation

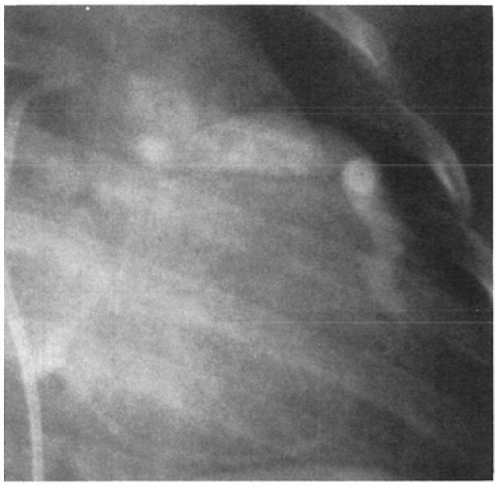
ment 中4 segment(16.0%)，動脈瘤一中を呈した5例では25 segment 中2 segment (8.0%) がそれぞれ運動低下を示した(Fig. 7A～C)．これらの症例では，運動異常を示した左室壁 segment は全て病変を有する冠動脈の支配領域に一致した．これらとは対照的に，動脈瘤一小あるいは限局性拡大



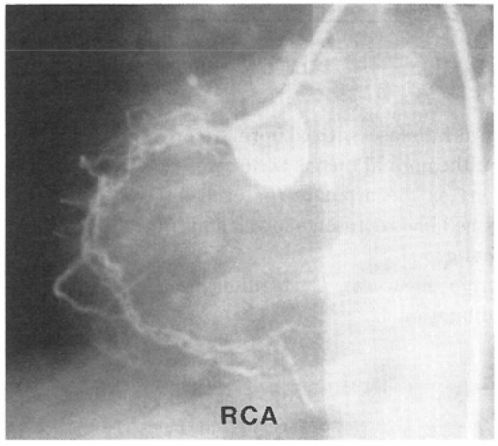
8A-1



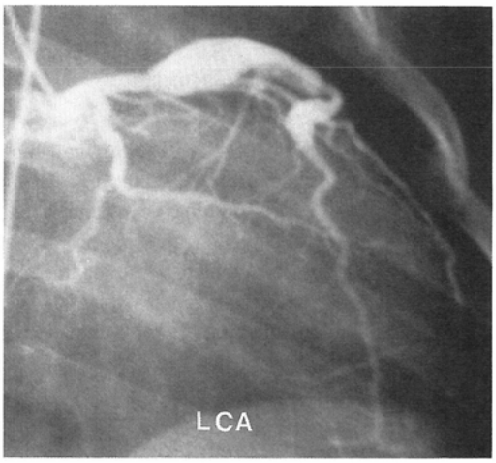
8A-2



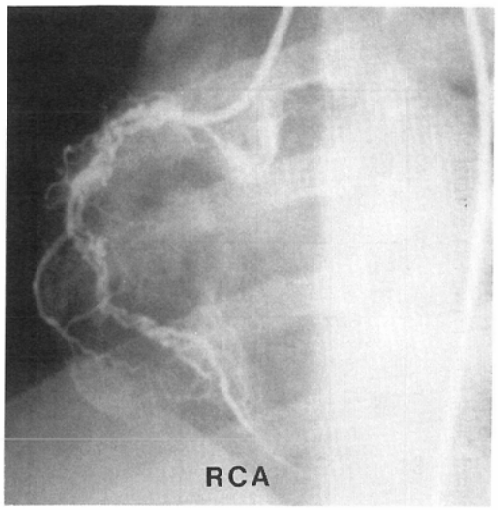
8A-3



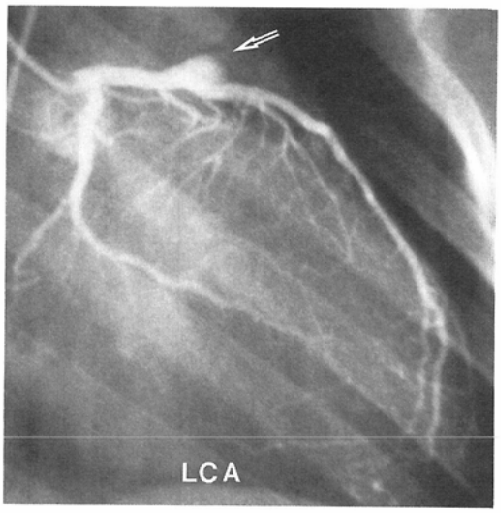
8B-1



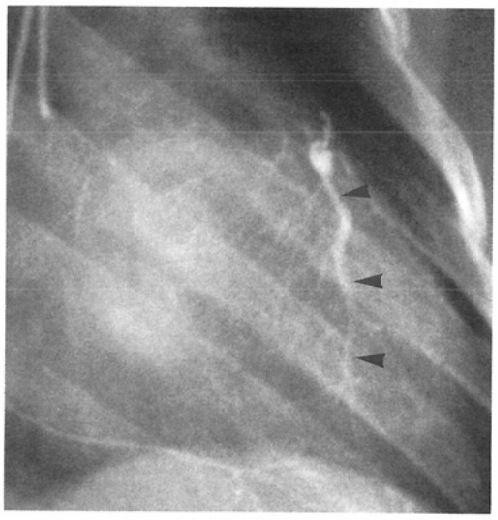
8B-2



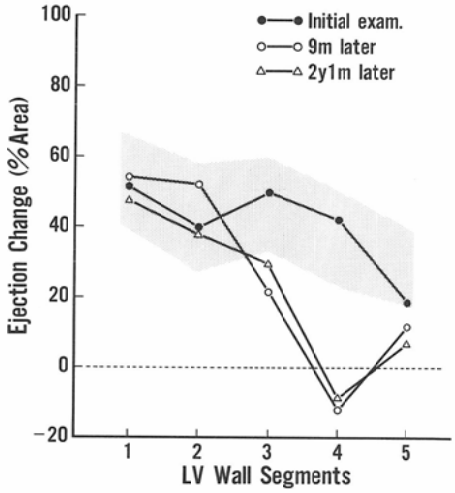
8C-1



8C-2



8C-3



8D

Fig. 8　Objective long-term follow-up of left ventricular wall motion in a case with Kawasaki disease.
A : Initial angiogram of a 15-month-old boy revealed large aneurysms in both the right (RCA) and the left (LCA) coronary arteries. Flow delay was noted in the left anterior descending coronary artery (LAD).
B : The patient suffered inferior myocardial infarction at two month of illness. Follow-up angiogram 9 months after the acute illness showed total occlusion of RCA with collaterals. Mural thrombus was formed in the large aneurysm of LAD.
C : The third study at 2 years 1 month of illness demonstrated occlusion of proximal LAD in the aneurysm (arrow), with filling of distal LAD (arrowheads) via collaterals.
D : Serial change of left ventricular (LV) wall motion assessed by objective method. Gray zone represents mean±2SD in the normal group. Segmental wall motion was in the normal range on the initial examination. However, asynergy of segment 3～5 appeared on the second study. Particularly, segment 4 showed negative value of ejection change, indicating dyskinetic motion at the infarcted area. On the third study, wall motion at segment 1～2 decreased compared with the second angiogram, reflecting the effect of LAD obstruction.

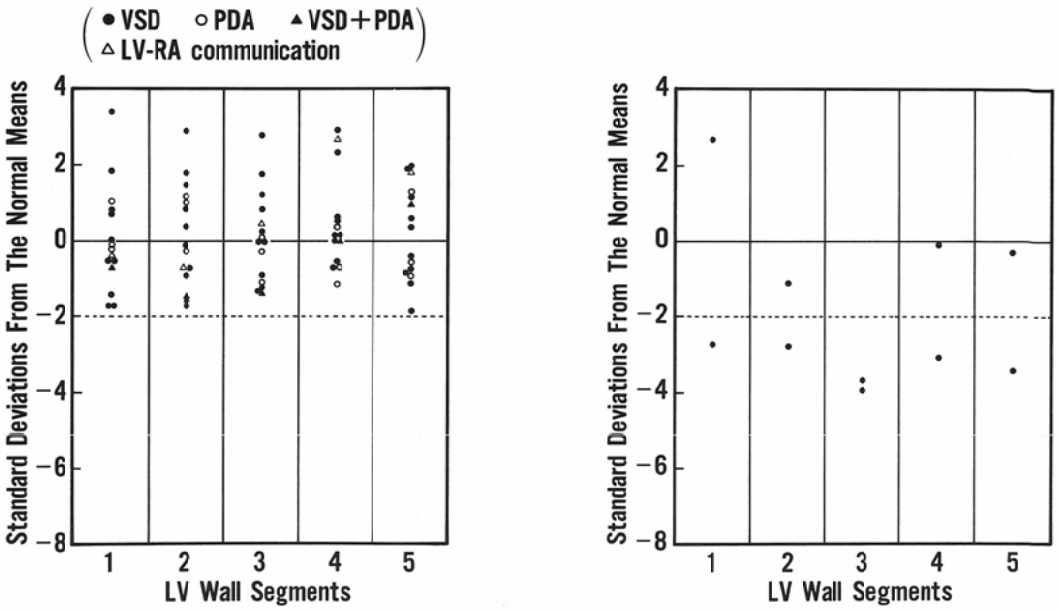


Fig. 9 Left ventricular wall motion in congenital heart disease with left to right shunt and congestive cardiomyopathy. Variations of wall motion from the normal means are expressed as the number of normal standard deviations on the ordinate. Dashed line represents lower limit of normal which is the mean −2SD in the normal group.
A: Congenital heart disease with left to right shunt. B: Congestive cardiomyopathy.

のみを有した8例，40 segment では有意な壁運動の低下を示した領域は認められなかった（Fig. 7D）.

Fig. 8に壁運動の変化を長期に渡り経過観察し得た川崎病の1例を示す．発症後45日に施行された1歳3ヵ月時の初回検査では，冠動脈造影で右冠動脈（RCA）全体に渡る瀰漫性の動脈瘤―大を認め，左冠動脈（LCA）にも前下行枝（LAD）近位部の紡錘状動脈瘤―大を始めとして多発性の動脈瘤が存在し，LAD内の血流遅延が見られた（Fig. 8A-1～3）．これらの著しい冠動脈変化にも拘らず，左室壁運動は segment 5 でやや低値を示すも正常範囲内に留まっていた（Fig. 8D）．本症例は発症2ヵ月後に下壁梗塞を呈したが，9ヵ月後の造影では，RCA は segment 1～3に及ぶ完全閉塞と側副路の形成を示し，LCA では LAD 近位部の動脈瘤の軽度縮小と瘤内に壁在血栓の出現を認めた（Fig. 8B-1, 2）．左室造影では segment 3～5の運動低下が認められ，特に segment 4 では領域面積の縮小率が負の値を示し梗塞部での dyskinesis を反映するとともに，segment 1～2は代償性に運動がやや亢進していた（Fig. 8D）．さらに発症2年1ヵ月後の造影では，LAD が近位部の瘤内で完全閉塞を呈し，末梢は側副路により描出された（Fig. 8C-1～3）．左室造影では，segment 1～2の運動が前回に比し低下している所見が得られ，LAD 閉塞による影響と考えられた（Fig. 8D）.

左右短絡を呈した先天性心疾患では mean−2SD 以下の有意な壁運動の低下を示した症例は認めなかった（Fig. 9A）．また心筋症2例では10 segment 中6 segment（60%）が運動低下を示した（Fig. 9B）.

考　察

小児の左心機能の評価に際し問題となるのは，成人と異なり年齢や体の大きさが広い範囲に分布していることである．このため，評価の基礎となる正常指標もこれらの要素を考慮に入れたものでなくてはならない．左室容積については対象小児の体表面積（BSA）と比較する方法が一般的であるが，小児では左室容積をBSAで除した値は年齢が低くなるほど小さい値を示すことが報告されており[14)15)]，今回の検討でもその傾向が認められた．このため両者の関係はべき関数で表わすのが適当と考えられ，左室拡張末期容積はLVEDV＝72.4（BSA）$^{1.16}$の回帰式で表わされた．

今回の検討では，左室容積は右前斜位30°の造影像をもとにDodgeのarea-length法[10)]を用い，single-plane methodで算出した．本法では，左室短軸の軸長が右前斜位と左前斜位像で近似していることを考慮し，左室を回転楕円体に見なして計測するものであり，その有用性は成人においては既に確立されている[16)~18)]．しかしながら，小児における従来の報告例は，全て正面・側面二方向撮影に基づきGrahamらによる補正式[19)]を用いて算出しているものであり[14)15)20)]，右前斜位のsingle-plane methodを用いた報告例はない．

本法は正面・側面二方向撮影に基づく算出法に比し簡便であり，また右前斜位30°では正面像に比し左室の長軸により直角にX線が射入されるため，立体的空間にある真の長軸軸長が比較的短縮されずにフイルム上に投影され[17)]，容量計測と同時に施行される壁運動の評価に際し，特に心尖部の動きを正確に評価できる利点を有している．

一方，右前斜位像によるsingle-plane methodで算出した左室容量は正面・側面二方向像あるいは正面一方向像より計測した容量よりやや大きく算出される傾向にあることが報告されており[17)18)]，今回の検討でも同一患者にて右前斜位および正面像の両者を比較した症例では同様の傾向が認められた．今回の検討で算出された左室拡張末期容積の回帰式と，現在までに報告されている正面・側面二方向像を基にしたNakazawaらのLVEDV＝72.5（BSA）$^{1.43}$，中野らの71.3（BSA）$^{1.29}$等の回帰式[14)15)]との相違には，主に算出の基礎としている造影像および補正式の相違が関与しているものと思われる．

正常域の設定に際しては，既に述べた回帰式で表わされる正常値と正常群50例の個々の計測値との比をとり，1±2SD（1±0.3）以内を5％の危険率をもって正常域と設定し，疾患群の評価に際しては，対象患児の計測値とこの正常値との比が上記の正常域より逸脱するものを異常例として扱った．VSDやPDAなど左心系に容量負荷を生じる先天性心疾患では左室拡張末期容積の増大をきたすことが知られているが[21)]，今回の検討では上記の評価法を用いることにより，これらの疾患における左室容量負荷の程度を評価可能であることが示され，既に算出した正常値および正常域の臨床的有用性が裏付けられたと思われる．また川崎病症例のうち冠動脈閉塞や巨大冠動脈瘤を呈するものでは，程度は僅かではあるが左室拡張末期容積の増加をきたす症例があることが示された．

左室駆出率は左室のポンプ機能を評価するに重要な指標であり，正常値についてはいくつかの報告がある[15)19)22)23)]．Grahamらは2歳以下の小児では年長児に比し有意に高い駆出率を示したとしているが[19)]，今回の検討では，駆出率と年齢，BSAとの間には明らかな相関はなく，このことはむしろ秋場らの報告[23)]と一致する．また駆出率と心拍数との間にも有意な相関関係は認められなかった．

左室容量負荷をきたす左右短絡疾患群では，駆出率は大部分の症例で正常範囲内の数値を示し，有意な低下を示した症例は認められなかったが，異常冠動脈所見を呈した川崎病症例群では，冠動脈閉塞あるいは有意狭窄を示した例および巨大冠動脈瘤を有した例の一部で有意な低下を認めた．同様の傾向は他の報告でも認められているが[7)24)25)]，これらの症例における駆出率の低下は，壁運動の評価結果とも考え合わせ，異常冠動脈支配領域における心筋収縮力の低下を反映しているものと考えられた．

左室の局所壁運動異常の評価に際しては視覚的観察による主観的な評価では検者間の誤差が大き

く正確性を欠き，客観的かつ定量的な評価法が必要とされている[26)27)]．しかるに，小児では正常対照を得にくいこともあり，客観的評価の基礎となる左室壁各分画での正常域に関する成績がない．今回の検討では，正常指標を求めるにあたり正常冠動脈造影所見を示した川崎病既往児の症例を対象とした．これらは冠動脈造影では全く異常所見を認めなかった症例ではあるが，川崎病罹患の既往があることを考慮すると全くの正常心とするには多少の問題点が残る．つまり，川崎病の初期には冠動脈病変とともにしばしば心筋炎を合併することが知られており[28)29)]，少数ではあるが冠動脈造影所見が正常でも左室壁全体の広範なhypokinesisを示す症例のあることが報告されているからである[6)]．しかしながら，今回正常対照とした症例の中にはこのような例は含まれておらず，また全ての症例で心電図および心血管内圧など血行動態も正常であったことを考慮すると，これらの症例はほぼ正常心と見なし病的心との比較の際の対照として用いることができると思われる．これらの症例に心血管造影の施行された時期を考えても，発症後1～3ヵ月の時点では心筋炎は通常消退し心機能に与える影響は殆どないと考えられる[7)]．

成人における左室局所壁運動の客観的評価法には，Radial法，Chord法，Area法などがありそれぞれ特徴を有している[12)30)~32)]．今回小児における正常指標を求めるあたり最適な評価法を選択するため，これらの中から一般によく使用されている4種類のRadial法とArea法による比較を行ない，その結果Area法が最も適しているとの結論を得た．本法では，下壁のposterobasal segmentを代表する領域に僧帽弁口が含まれるためこの部位の壁運動評価に誤差を生じる可能性があることなど多少の難点はあるものの，正常例における壁運動指標値の分散の程度は小さく，壁運動異常の検出能においても優れていると考えられた．

川崎病では，冠動脈瘤に続発して狭窄・閉塞性病変を生じ[33)~35)]，その冠動脈の支配領域の心筋に梗塞や虚血を生じて壁運動異常をきたすことがある[6)8)]．今回の検討では，すでに述べた正常指標をもとに，狭窄・閉塞性病変を有する症例における壁運動低下部位を定量的に検出可能であり，また症例に提示したごとく冠動脈病変の推移に伴う壁運動の変化を客観的に経過観察可能であることを示した．

川崎病症例における壁運動の低下は狭窄・閉塞性病変ばかりでなく，中等度以上の大きさを有する動脈瘤特に大きな動脈瘤症例でも認められたが，小動脈瘤あるいは限局性拡大のみの症例では局所壁運動の低下は認められなかった．中野らは巨大冠動脈瘤を有する症例では，左室の駆出率や収縮末期における圧・容積関係の傾き（E_{max}）など駆出期の指標が低下していると報告しているが[7)]，動脈瘤の支配領域での壁運動の低下がこれらの指標の異常をもたらしているものと考えられる．大きな冠動脈瘤内では血流遅延や渦流が生じていることは血管造影上でもしばしば観察される事実である．吉川ら[36)]は動脈瘤モデルを用いた基礎的な実験的検討により，瘤内で発生する渦流によるエネルギー損失が狭窄病変と同様な圧力損失をもたらすことを証明しており，この圧力損失は動脈瘤が大きくなるほど増大すると述べている．臨床例においてもこのような血行動態の変化が末梢の灌流血圧を低下させることによりあるいは遅延血流内で二次的に微小血栓を生じることにより灌流域の心筋障害を生じ，壁運動の低下をもたらしている可能性が示唆される．

結　語

1）正常対照50例より算出した小児の左室拡張末期容積（LVEDV）の正常値はLVEDV＝72.4（BSA）$^{1.16}$の回帰式で表わされた．疾患群の評価に際しては，検討症例の実測値と回帰式より求めた正常値との比が1±0.3以内を正常域とし，これより逸脱するものを異常例として扱った．

2）疾患群のうちVSD，PDA，左室右房交通症などの左右短絡疾患20例中16例，拡張型心筋症2例ではLVEDVは明らかに増加を示し，LVEDVが正常域内に認められた症例はいずれも肺体血流量比が1.4以下と短絡量の少ない症例であった．また冠動脈閉塞を伴う川崎病症例の9例中2例でLVEDVの軽度増大を認めた．

3）正常対照群における左室駆出率（LVEF）の平均は58.9±5.7(SD)%であり，BSAおよび年齢との相関は認められなかった．

4）LVEFの正常域をmean±2SDとすると，異常冠動脈を有する川崎病症例群においては冠動脈閉塞あるいは有意狭窄を有した9例中3例に，また大きな冠動脈瘤を有した5例中1例にLVEFの低下を認めた．拡張型心筋症でも低下が見られたが，今回検討した左右短絡疾患群ではLVEFの低下を認めた症例は存在しなかった．

5）小児における左室局所壁運動の客観的かつ定量的評価法としては，左室右前斜位像を5領域に分割するArea法が正常群における壁運動指標値の分散程度が小さく，また異常壁運動の検出能においても優れており，最も適した方法と考えられた．Area法による正常対照群の左室壁各領域における面積縮小率のmean±SDは，segment 1（anterobasal）52.4±6.9%，segment 2（anterolateral)42.6±7.8%，segment 3(apical)46.3±6.7%，segment 4(diaphragmatic)37.0±7.0%，segment 5（posterobasal）29.0±5.6%であり，壁運動の正常域としてはmean±2SDの範囲を設定した．

6）川崎病症例群では，閉塞・狭窄性病変および中等度以上の大きさの動脈瘤を有する冠動脈の支配領域に一致して左室の局所壁運動低下を示す例が存在したが，小動脈瘤あるいは限局性拡大のみの症例では有意な壁運動低下は認められなかった．拡張型心筋症では広範な運動低下が認められたが，左右短絡疾患では局所壁運動低下を示した例は存在しなかった．

稿を終えるにあたり，御指導と御校閲を賜った松山正也教授に深甚なる謝意を表します．本研究の要旨は，第27回心臓放射線研究会において発表した．

文　献

1）Jarmakani JMM, Graham TP Jr, Canent RV Jr, et al: The effect of corrective surgery on left heart volume and mass in children with ventricular septal defect. Am J Cardiol 27: 254—258, 1971

2）Sunakawa A, Nakamura Y, Shinohara T, et al: Angiographic evaluation of ventricular septal defect —Pre- and post-operative cardiac volume characteristics—. Jpn Circ J 47: 625—634, 1983

3）砂川晶生，中村好秀，篠原　徹，他：小児期僧帽弁逆流症の手術前後の心機能，日小児循環器会誌，2: 199—205, 1986

4）Nishioka K, Kamiya T, Ueda T, et al: Left ventricular volume characteristics in children with tricuspid atresia before and after surgery. Am J Cardiol 47: 1105—1110, 1981

5）Shimazaki Y, Kawashima Y, Ogawa M, et al: Right and left ventricular volume characteristics in children with transposition of the great arteries after Mustard's procedure. Jpn Circ J 49: 679—684, 1985

6）Kitamura S, Kawashima Y, Kawachi K, et al: Left ventricular function in patients with coronary arteritis due to acute febrile mucocutaneous lymph node syndrome or related diseases. Am J Cardiol 40: 156—164, 1977

7）Nakano H, Ueda K, Saito A, et al: Left ventricular systolic function in children with coronary arterial lesion following Kawasaki disease. Heart Vessels 1: 89—93, 1985

8）多田羅勝義：川崎病の長期予後（第2編）—冠動脈後遺症，左心室壁運動異常を残した症例について—，日児誌，90: 1092—1099, 1986

9）厚生省「川崎病」研究班：川崎病による冠動脈障害診断の基準化に関する小委員会報告．厚生省，1984

10）Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, et al: The use of biplane angiocardiography for the measurement of left ventricular volume in man. Am Heart J 60: 762—776, 1960

11）北村惣一郎，川島康生，堀口泰範，他：心血管造影法による心容量計測，影像解析上の問題点の検討，心臓，5: 1224—1234, 1973

12）Gelberg HJ, Brundage BH, Glantz S, et al: Quantitative left ventricular wall motion analysis: A comparison of area, chord and radial methods. Circulation 59: 991—1000, 1979

13）Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al: AHA Committee Report: A reporting system on patients evaluated for coroary artery disease. Circulation 51(4): News from the American Heart Association 5—40, 1975

14）Nakazawa M, Marks RA, Isabel-Jones J, et al: Right and left ventricular volume characteristics in children with pulmoanry stenosis and intact ventricular septum. Circulation 53: 884—890, 1976

15）Nakano H, Saito A, Ueda K: Biplane cineangiographic estimation of right atrial, right

ventricular, left atrial and left ventricular volumes in normal infants and children. Ann Paediatr Jpn 25 : 184—188, 1979
16) Greene DG, Carlisle R, Grant C, et al : Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography. Circulation 35 : 61—69, 1967
17) Kasser IS, Kennedy JW : Measurement of left ventricular volumes in man by single-plane cineangiocardiography. Invest Radiol 4 : 83—90, 1969
18) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS : Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiocardiogram. A comparison of anteroposterior and right anterior oblique methods. Am Heart J 80 : 343—352, 1970
19) Graham TP Jr, Jarmakani JM, Canent RV Jr, et al : Left heart volume estimation in infancy and childhood : Reevaluation of methodology and normal values. Circulation 43 : 895—904, 1971
20) 中村好秀，砂川晶生，篠原　徹，他：心血管造影による小児の左右両心房および両心室の心容積の正常値およびその検討，近代医誌　6 : 193—203, 1981
21) Miller GAH, Swan HJC : Effect of chronic pressure and volume overload on left heart volumes in subjects with congenital heart disease. Circulation 30 : 205—216, 1964
22) Thilenius OG, Arcilla RA : Angiographic right and left ventricular volume determination in normal infants and children. Pediat Res 8 : 67—74, 1974
23) 秋場伴晴，石原　融，芳川正流，他：小児の左右心室容積特性—冠動脈病変を有しない川崎病既往児における検討—，日児誌，87 : 1549—1556, 1983
24) 井埜利博，岩原正純，西本　啓，他：川崎病の冠動脈病変と左心機能—心血管造影による検討—，日児誌，86 : 1130—1137, 1982
25) Honda S, Sunagawa H, Mizoguchi Y, et al : Left ventricular performance and compliance following acute febrile mucocutaneous lymph node syndrome. Jpn Circ J 44 : 848—851, 1980
26) Chaitman BR, DeMots H, Bristow JD, et al : Objective and subjective analysis of left ventricular angiograms. Circulation 52 : 420—425, 1975
27) Leighton RF, Wilt SM, Lewis RP : Detection of hypokinesis by a quantitative analysis of left ventricular cineangiograms. Circulation 50 : 121—127, 1974
28) Fujiwara H, Hamashima Y : Pathology of the heart in Kawasaki disease. Pediatrics 61 : 100—107, 1978
29) Yutani C, Okano K, Kamiya T, et al : Histopathological study on right endomyocardial biopsy of Kawasaki disease. Br Heart J 43 : 589—592, 1980
30) Herman MV, Heinle RA, Klein MD, et al : Localized disorders in myocardial contraction. Asynergy and its role in congestive heart failure. N Engl J Med 277 : 222—232, 1967
31) Klausner SC, Blair TJ, Bulawa WF, et al : Quantitative analysis of segmental wall motion throughout systole and diastole in the normal human left ventricle. Circulation 65 : 580—590, 1982
32) Sheehan FH, Stewart DK, Dodge HT, et al : Variability in the measurement of regional left ventricular wall motion from contrast angiograms. Circulation 68 : 550—559, 1983
33) Kuribayashi S, Ootaki M, Tsuji M, et al : Coronary angiographic abnormalities in mucocutaneous lymph node syndrome : Acute findings and long-term follow-up. Accepted for publication in Radiology
34) Nakano H, Ueda K, Saito A, et al : Repeated quantitative angiograms in coronary arterial aneurysm in Kawasaki disease. Am J Cardiol 56 : 846—851, 1985
35) Suzuki A, Kamiya T, Ono Y, et al : Follow-up study of coronary artery lesions due to Kawasaki disease by serial selective coronary arteriography in 200 patients. Heart Vessels 3 : 159—165, 1987
36) 吉川哲夫，須磨幸蔵，菅原基晃：数珠状動脈瘤の流体力学的検討—川崎病冠状動脈病変類似の動脈瘤について—，呼と循，28 : 395—399, 1980