

ファロー四徴症術後遠隔期の左室局所壁運動

Left ventricular regional wall motion after correction of tetralogy of Fallot

渡辺 賢一
森川 政嗣
林 雅美
林 千治
細川 修
山添 優
矢沢 良光
柴田 昭
江口 昭治*
松川哲之助*

Kenichi WATANABE
Masatsugu MORIKAWA
Masami HAYASHI
Senji HAYASHI
Osamu HOSOKAWA
Masaru YAMAZOE
Yoshimitsu YAZAWA
Akira SHIBATA
Shoji EGUCHI*
Tetsunosuke MATSUKAWA*

Summary

Cardiac function and left ventricular regional wall motion were examined using two-dimensional echocardiography in 40 post-operative patients of tetralogy of Fallot (TOF) of an average of 13 years after the correction. From the data of treadmill exercise test and cardiac catheterization, patients were classified into two groups; cases with complete ability for treadmill test (Group A, n=22), and disabled for the test and the right ventricular systolic pressure above 50 mmHg (Group B, n=18).

(1) Compared with the control group (n=10), the patient groups had greater cardiothoracic ratios (CTR) and right/left ventricular dimensions (RVd/LVd) ($p<0.001$), and Group B had a greater CTR and RVd/LVd than Group A (respectively $p<0.001$). (2) Compared with the control group, the patient groups had no significant differences in corrected ejection time, fractional shortening and mean velocity of circumferential fiber shortening, and no difference was noted between Group A and Group B. (3) Left ventricular regional wall was divided into 12 segments around the left ventricular circumference on the two-dimensional short-axis view and the regional wall motion was evaluated on the basis of [(diastolic-systolic)/diastolic left hemiaxial length $\times 100\%$] values. In Group B, akinetic or dyskinetic wall motion was visualized at the interventricular septum and left ventricular posterior wall, but there was no abnormal motion in the control group and Group A.

We concluded that even in postoperative patients with preserved cardiac function at rest, some of them had abnormal left ventricular regional wall motion due to the persistent right ventricular

新潟大学医学部 第一内科
*同 第二外科
新潟市旭町 1-754 (〒951)

The First Department of Internal Medicine, and
*the Second Department of Surgery, Niigata University School of Medicine, Asahimachi 1-754, Niigata 951

Presented at the 26th Meeting of the Cardiography Society held in Osaka, April 1-2, 1983
Received for publication April 23, 1983

overload or corrective patch, resulting in low exercise capacity.

Key words

Tetralogy of Fallot

Left ventricular regional wall motion

Two-dimensional echocardiography

序 文

ファロー四徴症の根治手術成績は、開心術や補助手段の進歩、術式の向上に伴い、年々向上しつつあると報告されており、また手術適応年齢も低下している¹⁾。手術成績を左右する因子はさまざまであり、一概に云々することはできないが、主な因子としてヘモグロビン量、大動脈騎乗の程度、肺動脈本幹と大動脈基部の直径比、心室中隔欠損の位置と大きさ、肺動脈狭窄の程度、右室流出路の形態、年齢、合併奇形の有無などが検討されてきた²⁾。最近これらに加えて、術後の右室・左室収縮期圧比、肺動脈弁逆流の程度、不整脈などについても検討されるようになってきている^{3,4)}。また術直後に右室圧が低下し、シャントも消失して、ほぼ満足のいく結果が得られた症例でも、長期観察中に急死したり、運動能力の低下例がみられるなどの点が注目されている⁵⁻⁷⁾。

ファロー四徴症は一般的に右心系の疾患と考えられているが、術後長期経過観察例では左心機能も予後を左右する重要な因子である⁸⁾。しかし右心室の形態や血行動態に異常がある例でも、心エコー図法、脈波、左室造影法での左心機能は正常範囲にあることが多い。さらに左室壁の局所的な収縮の相違が存在しても、心室中隔の収縮様式に関する検討は、アプローチの困難さもあって、左室自由壁に比し、詳細に行われているとはいえない。

以上の点を明らかにすべく、今回我々は、treadmill 運動負荷法および断層心エコー図法を用い、ファロー四徴症術後長期観察者の運動耐容能と左室局所壁運動とを対比検討した。

対象と方法

新潟大学第二外科学教室において、1965年から

1970年の間に手術を受け、術後10年以上(平均13年)経過観察中のファロー四徴症術後患者102例の中、56例について検査を施行した。この中で断層心エコー図像が不鮮明な例と、下記のA、B群に属さない、計16例を除外した40例を研究対象とした(**Table 1**)。これらの例は男性13例、女性27例で、年齢は11~56歳(平均22歳)であった。対照は健康成人10例である(年齢24~35歳、平均27歳)。

ファロー四徴症術後患者に treadmill 運動負荷(Ellestad 法)を加え、上記の40例を12 METs (10分)まで可能なA群(22例)と、それが不可能で、かつ心臓カテーテル法による右室収縮期圧が50 mmHg以上のB群(18例)とに分け、それぞれ下記のパラメーターについて対比検討した。

非観血的検査法として胸部レントゲン写真から心胸郭比(CTR)、頸動脈波から補正駆出時間(ETc)、Mモード心エコー図から左室内径短縮率(FS)、平均左室内周短縮速度(mVcf)、拡張末期右室・左室径比(RVd/LVd)を求めた。

断層心エコー図法では **Fig. 1**のごとく、心尖部長軸像、傍胸骨長軸像、僧帽弁尖部短軸像、乳頭筋部短軸像の4方向で、それぞれの部位別に左室局所運動を評価した。すなわち、正常の動きを示す部位は2点、hypokinesisは1点、akinesisは0点、dyskinesisは-1点である。

さらに僧帽弁尖部での短軸断層像について、テ

Table 1. Subjects

	n	Level of treadmill	RV
Group A	22	≥12 METs	
Group B	18	<12 METs & >50 mmHg	

RV=right ventricular systolic pressure

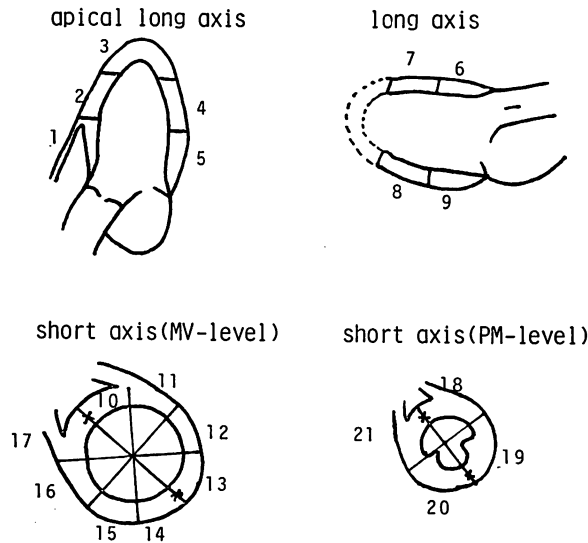


Fig. 1. Diagrams showing 21 segments of the left ventricular regional wall.
 Point system (normal=2, hypokinesis=1, akinesis=0, dyskinesis=-1) is applied in all 21 segments to evaluate the wall motion.

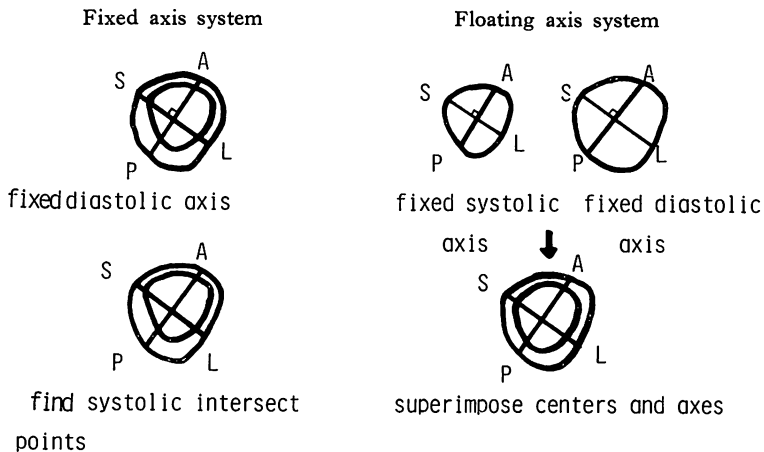


Fig. 2. Demonstration of fixed and floating axis systems.
 S=septal; A=anterior; L=lateral; P=posterior.

レビモニター上で、拡張末期像は心電図の Q 波、収縮末期像は最小内径の時相で求めた左室内外膜をトレースし、コンピューター (DEC 製, PDP-11) で処理した。断層像は拡張末期の軸で固定して軸補正は行わない方法 (fixed axis system) と、拡張末期と収縮末期像でそれぞれの軸を設定して

軸補正を施行した方法 (floating axis system) とを用い、下記の方法で左室局所壁短縮率を測定した (Fig. 2)⁹⁾。

Fig. 3 に示すように、短軸断層像で心室中隔の midpoint を 0 度とし、右回りに角度を示した。すなわち心室中隔の midpoint が 0 度であり (S)、それに対

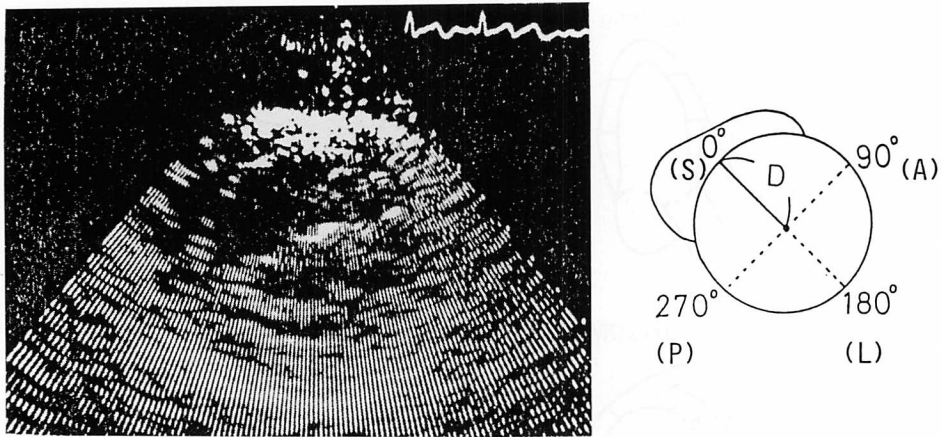


Fig. 3. Hemiaxis shortening.

The septo (0°, S)-lateral (180°, L) axis is constructed to divide the diastolic outline into anterior (A) and posterior (P) halves of equal area. Further subdivision of the left ventricular outlines consists of twelve.

Hemiaxis shortening = $(Dd - Ds) / Dd \times 100$ (%); Dd = diastolic hemiaxis; Ds = systolic hemiaxis.

Table 2. Results of chest X-ray, echocardiographic findings and corrected ejection time

	CTR (%)	RVd/LVd (%)	FS (%)	mVcf (circ/sec)	ETc (sec)
Group A	53±4*	67±15*	39±5	1.3±0.2	0.407±0.015
Group B	60±6*, **	85±12*, **	34±5	1.3±0.3	0.403±0.039
Control	48±2	29±7	40±6	1.5±0.3	0.405±0.013

Values are mean±SD. * p<0.01 vs control and ** vs Group A.

Table 3. Point scores of left ventricular regional wall motion (cf. Fig. 1)

	1	2	3	4	5	6	7
Group A	0.5±1.5*	0.6±1.1*	1.8±0.2	1.9±0.2	1.9±0.2	0.5±1.0*	1.3±0.8
Group B	0.3±0.3*	0.2±1.2*	1.8±0.4	1.8±0.4	1.8±0.4	0.5±1.2*	1.2±0.5
	8	9	10	11	12	13	14
Group A	1.8±0.2	1.8±0.3	0.6±1.3*	1.3±1.1	1.4±1.1	1.8±0.4	1.6±0.9
Group B	1.4±0.5	1.4±0.8	0.8±1.0*	1.4±0.7	1.3±0.9	1.4±1.0	1.3±0.9
	15	16	17	18	19	20	21
Group A	1.3±1.1	1.4±1.0	1.1±0.8*	1.3±0.8	1.6±1.0	1.6±1.0	1.7±0.5
Group B	1.6±0.7	1.3±0.9	1.1±0.7*	1.4±0.5	1.3±1.0	1.8±0.4	1.5±0.5

Values are mean±SD. * p<0.001 vs control.

する左室後壁は180度とし(L), 左室を円と考え、0度から360度まで30度ずつ分割した。左室局所壁運動は半径(中心から内膜までの距離)の短縮率 %S=(拡張期-収縮期)/ 拡張期左室半径×100% で評価した。正常値は対照群の値の1SD以内とし、正常値以下で2%以上の%Sをhypokinesis, ±2%以内をakinesis, -2%以下をdyskinesisと判定した。

断層像のトレースは2人の検者がそれぞれ施行し、統計学的処理は student's t-test を用いた。

結 果

1. 心胸郭比 (Table 2)

心胸郭比は対照群に比し、患者群、ことにB群で有意に大であった。

2. RVd/LVd 比 (Table 2)

同様に、患者群、ことにB群で有意に大であった。

3. ETc, FS および mVcf (Table 2)

いずれの値も対照群、A、B群間に有意差を認めなかった。

4. 4方向からの局所壁運動 (Table 3)

21区分における局所壁運動は、心室中隔の奇異性運動のため、それに相応する1, 2, 6, 10, 17の部位では、対照群に比べ、A、B群で有意に低下していたが (p<0.001), A、B群間には差がなかった。

5. %S (Table 4, Fig. 4)

Fixed axis system では、心室中隔の奇異性運動と左室後壁の過運動のため、患者群では0度、330度で運動低下がみられ、210度では正常範囲にあった。

Floating axis system にて測定してみると、対照群に比し、A群では0度でのみ低下しているのに対し、B群では0度、30度、150度、180度、210度、240度、330度で低下していた。またA

Table 4. Hemiaxis shortening (%)

(A) Fixed axis system												
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
A	9±17*	14±15	24±13	33±16	39±19	41±17	35±15	26±12	20±18	20±18	11±8*	10±13*
B	8±15*	12±8*	20±11	32±13	37±13	39±10	30±13	25±19	25±28	24±22	20±23	11±22*
C	22±6	21±5	23±4	26±6	31±5	35±3	39±6	42±11	38±12	32±8	29±5	23±5

(B) Floating axis system												
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
A	21±11*	26±10	27±10	28±11	29±13	27±10	24±8	23±9	24±12	24±10	24±8	23±8
B	11±12**	17±9*	19±10	21±11	20±12	18±5*	14±6**	11±8**	12±7**	17±6	17±9	11±9**
C	32±10	31±10	29±9	29±9	29±8	29±6	30±4	31±5	31±6	30±7	32±8	33±9

(C) Regional abnormal wall motion

	Hypokinesis	Akinesis or dyskinesis
A	18% (48/22×12)	0%
B	30% (64/18×12)	7% (15/18×12)**

A=Group A; B=Group B; C=control. All values are mean±SD. p<0.001 vs *control and **Group A.

群に比し, B 群では 0 度, 180 度, 210 度, 330 度, で低下していた.

Hypokinesis は A 群で 18% の部位, B 群では 30% の部位にみられた. これに対し dyskinesia と akinesia は B 群のみに 7% の部位にみられこれは心室中隔と左室後壁のみに局在していた.

考 按

フォロー四徴症の手術および遠隔期の成績を左右する因子にはさまざまなものがあり, 一概にどの因子が有用であると決めることはできないが, 現在, 術前・術中・術後での左心機能, 右室・左室圧比, 残存する肺動脈狭窄度などが重要な因子として検討されている. 本症の根治手術では右室流出路の狭窄解除が重要で, 手術後の右室・左室圧比が 0.5 以下に下降することが手術成功の目安とされているが, この値をもって遠隔期の成功・不成功を論じることは必ずしも出来ない. このことは手術にさいしての右室切開法, パッチ使用など, 種々の因子が関与し, 本症の疾患としての複雑さを示している^{8,10-13}).

本症を検討するうえに, これを各群に分けることは, 多くの因子が関与して困難であるが, 今回

我々は, treadmill 運動負荷法を用いてこれを 2 群に分けた. 12 METs まで負荷可能な A 群には, 収縮期右室圧が 75 mmHg と高い値を示す例や, 肺動脈弁逆流を有する例も含まれていた. 一方, 12 METs までの負荷が不可能であった例の中には, 患者の協力が得られず, 途中で中止せざるを得なかった例や, 普段運動を控えている例があり, 本来の運動負荷不可能群とは異なる. 今回は中止群の中から右室圧が 50 mmHg 以上の例のみを選んで B 群としたのはこのためである.

患者群間および対照群との対比では, 心胸郭比および RVd/LVd 比は患者群, ことに B 群で大であり, このことは運動耐容能力, 右室圧および右室径が密接に関係していることを示している. また心陰影の拡大はおもに右室拡大に由来するものと考えられる¹⁴).

一方, 安静時の左心機能を表わす ETC, FS および mVcf は各群間で差がないのに対し, 左室局所壁運動を表わす %S が低下し, 特に心室中隔と左室後壁で低下が強く dyskinesia もみられている. 今回は特に対比検討しなかったが, これは弁膜症や心室中隔欠損症の術後遠隔期とは異なる左室局所壁運動を示し, フォロー四徴症術後遠

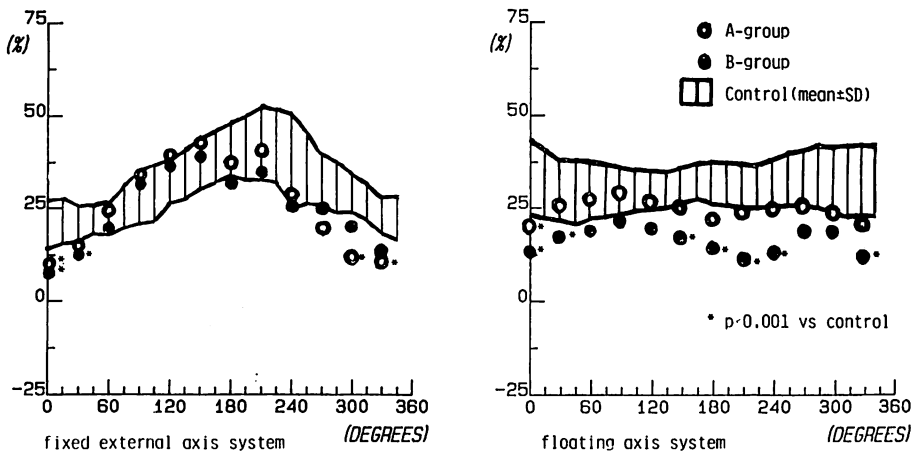


Fig. 4. Left ventricular regional wall motion abnormalities in each section estimated by two-dimensional echocardiography.

隔期の部分的な壁運動異常には、中隔パッチや右室圧上昇が関係していると思われた。しかし局所的な心筋虚血なども考慮しなければならず、今後、心筋シンチグラフィなど、他方面の検討が必要と思われた。

総括

ファロー四徴症術後遠隔期患者では、ETc, FSあるいはmVCFなどの左心機能が一見良好にみえても、心室中隔パッチや右室負荷により、左室の局所壁運動、特に心室中隔と左室後壁が障害を受け、運動予備能が低下していると思われた。

要約

ファロー四徴症根治手術後(平均術後13年)の心機能と左室局所壁運動を、非観血的方法を用いて検討した。

心臓カテーテル法とトレッドミル運動負荷法による成績に基づき、患者を次の2群に分けた。すなわち、トレッドミル負荷を完遂できたA群(22例)と、不可能でかつ収縮期右室圧が50 mmHg以上であったB群(18例)の2群で、これらの心エコー図による心機能諸指標を健常者10名のそれと対比検討した。

1) 心胸郭比および右室・左室径比は患者群では健常者群より大きく、患者群の中ではB群でA群よりも大であった($p < 0.001$)。

2) 補正駆出時間、短縮率および平均左室内周短縮速度はいずれも健常群とA群、B群間に有意差を認めなかった。

3) 僧帽弁尖部レベルでの短軸像を30度ずつに12分割し、それぞれの左室局所短縮率[(拡張期半径-収縮期半径)/拡張期左室半径×100%]を計測した。B群では心室中隔および左室後壁にakinesisと dyskinesisがみられたが、A群ではみられなかった。

ファロー四徴症術後遠隔期患者では、左心機能が良好にみえても、心室中隔パッチや右室負荷により、左室の局所壁運動、特に心室中隔と左室後

壁が障害をきたし、運動予備能が低下している例があると思われた。

文献

- 1) Borow KM, Green LH, Castaneda AR, Keane JF: Left ventricular function after repair of tetralogy of Fallot and its relationship to age at surgery. *Circulation* **61**: 1150, 1980
- 2) Tsuji T, Suma K, Takeuchi Y, Inoue K, Shiroma K, Yoshikawa T, Narumi J, Ito N, Kobayashi H: Influence of the residual stenosis of right ventricular outflow tract on the hemodynamic and fluid dynamical parameters in corrective surgery for tetralogy of Fallot: *Respir & Circul* **29**: 977, 1981 (in Japanese)
- 3) Ellison RG, Brown WJ, Yeh TJ, Hamilton WF: Surgical significance of acute and chronic pulmonary valvular insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg* **60**: 549, 1970
- 4) Garson A, Gillette PC, Gutgesell HP, Macnamara DG: Stress induced ventricular arrhythmia after repair of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* **46**: 1006, 1980
- 5) Fuster V, Mcboon DC, Kennedy MA, Ritter DG, Kirklin JW: Long-term evaluation (12 to 22 years) of open heart surgery for tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* **46**: 635, 1980
- 6) Quattlebaum TG, Varghese PJ, Neill CA, Donahoo JS: Sudden death among postoperative patients with tetralogy of Fallot. *Circulation* **54**: 289, 1976
- 7) Shiroma K, Suma K, Takeuchi Y, Tsuji T, Inoue K, Koyama Y, Tokuchi K, Yoshikawa T, Narimi J, Ochi M, Kobayashi Y, Kaneko H: Reoperation after corrective surgery of tetralogy of Fallot. *Thorac Surg* **32**: 892, 1980 (in Japanese)
- 8) Watanabe K, Morikawa M, Aizawa Y, Shibata A, Miyamura H, Eguchi S, Matsukawa T: Long-term evaluation after total correction of tetralogy of Fallot. *Jpn Circ J* **47**: 1047, 1983
- 9) Noynihhan P, Parisi A, Feldman C: Quantitative detection of regional left ventricular contraction abnormalities by two-dimensional echocardiography. *Circulation* **63**: 752, 1981
- 10) Kirklin JW, Wallace RB, Mcgoon DC, Dushane JW: Early and late results after intracardiac repair of tetralogy of Fallot. *Ann Surg* **162**: 578, 1965
- 11) Richardson JP, Clarke CP: Tetralogy of Fallot. Risk factors associated with complete repair. *Br Heart J* **38**: 926, 1976

渡辺, 森川, 林(雅), ほか

- 12) Kobayashi G: Studies of factors influencing the results of total correction of tetralogy of Fallot. *Jpn Thrac Surg* **28**: 1002, 1980 (in Japanese)
- 13) Arciniegas E, Farooki ZQ, Hakimi M: Early and late results of total correction of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* **80**: 770, 1980
- 14) Watanabe K, Aizawa Y, Hosokawa O, Hayashi S, Yazawa Y, Shu T, Shibata A: Evaluation of the right ventricular pressure by two-dimensional echocardiography. *Jpn Med Ultrason* **10**: 383, 1983