

先天性心疾患に対する開心術後の心筋イメージング所見

Thallium-201 myocardial imaging in patients with congenital heart disease following open-heart surgery

小野 安生
水戸守寿洋
渡辺 弘司
越後 茂之
龍神 美穂
神谷 哲郎
西村 恒彦*
小塚 隆弘*
内藤 泰顕**

Yasuo ONO
Toshihiro MITOMORI
Kohji WATANABE
Shigeyuki ECHIGO
Yoshiho RYUJIN
Tetsuro KAMIYA
Tsunehiko NISHIMURA*
Takahiro KOZUKA*
Yasuaki NAITOH**

Summary

Thallium-201 myocardial imaging was performed for 77 patients with congenital heart disease to evaluate myocardial damage following open-heart surgery. There were 23 patients with ventricular septal defects, 33 with tetralogy of Fallot, 12 with atrial septal defects, and nine with other diseases. The imaging results were compared with the angiographic and electrocardiographic findings.

1. Patchy perfusion defects or images of poor thallium uptake were noted in five of 77 patients, among whom four had accompanying serious ventricular arrhythmias. This suggested a close correlation of the post-operative ventricular arrhythmias with myocardial damage.

2. For 20 of 77 patients, vents were inserted through the left ventricle, and for the remainder 57 through the left atrium. Perfusion defects were found at the apex in three, and left ventriculography showed a paradoxical motion of the apex in five in patients whose vents were inserted through the left ventricle. Sensitivity and specificity in detecting myocardial damage of the apex were 60% and 98%, respectively.

3. In one case, myocardial infarction was demonstrated immediately after the repair of the ventricular septal defect. Myocardial imaging was useful in evaluating the infarcted area and for follow-up study.

Thus, thallium-201 myocardial imaging was regarded useful for assessing myocardial damage following open-heart surgery in congenital heart disease patients.

国立循環器病センター 小児科

*同 放射線科

**同 外科

吹田市藤白台 5-125 (〒565)

Departments of Pediatrics,* Radiology and** Surgery,
National Cardiovascular Center, Fujishirodai 5-125,
Suita 565

Received for publication November 14, 1983 (Ref. No. 26-19)

Key words

Thallium-201 myocardial imaging Ventricular arrhythmia Myocardial damage Open-heart surgery

はじめに

先天性心疾患に対する手術死亡率の減少, 長期生存例の増加に伴い, 術後に残存しうる心筋障害が重要な問題となってきた¹⁾. 心臓手術後の心筋組織については, 大動脈遮断前後における心筋の変化^{2,3)}, あるいは術後遠隔期における心筋生検所見⁴⁾などの検討がなされている. 我々はこの心筋障害を非侵襲的に評価する方法として, ²⁰¹TlCl を用いた心筋イメージングの有用性を検討してきた. 今回は術後心室性不整脈を伴った例, 手術時, 左室 vent を挿入した例, および手術直後, 心筋梗塞をおこした例について報告する.

対 象

対象は開心術を施行したファロー四徴, 心室中隔欠損などの 77 例で, 疾患による内訳を Table 1 に示した. このうち手術時に左室 vent が挿入された例は 20 例で, 他の 57 例は左心 vent が左房経路に挿入された例である. 年齢は 1 歳 2 カ月から 18 歳まで, 平均 7 歳 1 カ月で, 術後 2 カ月から 12 年, 平均 2 年 5 カ月で諸検査を施行した.

Table 1. Subjects

		(LV vent)
Ventricular septal defect	23	(10)
Tetralogy of Fallot	33	(8)
Atrial septal defect or total anomalous pulmonary venous connection	12	(1)
Mitral stenosis and regurgitation	2	(1)
Double outlet right ventricle		
Pulmonary stenosis	5	(0)
Pulmonary hypertension	2	(0)
Total	77	(20)

Figures in parenthesis indicate the cases with left ventricular vents.

方 法

心筋イメージングには Ohio-Nuclear Σ 410 S 型シンチカメラを用い, ²⁰¹TlCl を 30~50 μCi/kg 静注後約 15 分で, 正面, LAO 30°, 45°, 60° および左側面の 5 方向より一方向 300 万カウントで撮影した. また症例によっては 2 時間後に再分布像を記録した. 得られたイメージを DEC 製ガンマ 11 を用いて定量的観察を行った. Fig. 1 に示すように, イメージ上左室壁描出が不均一であると判断される複数箇所に関心領域 (ROI) を設定し, 縦隔に設定した background の単位 pixel あたりのカウント数により補正した各 ROI における, 単位 pixel あたりのカウント数を比較した. これにより, 20% 以上のカウント数低下を灌流欠損とし, 15% 以上のカウント数低下が斑状に認めら

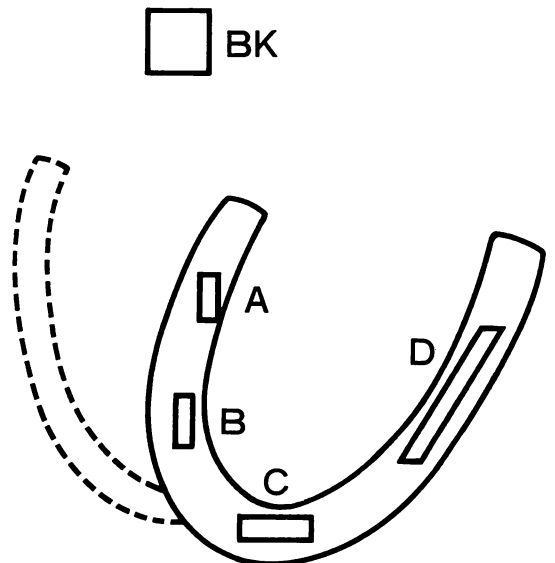


Fig. 1. Schematic representation of the method.
A, B, C, D=regions of interest (ROI); Bk=background.

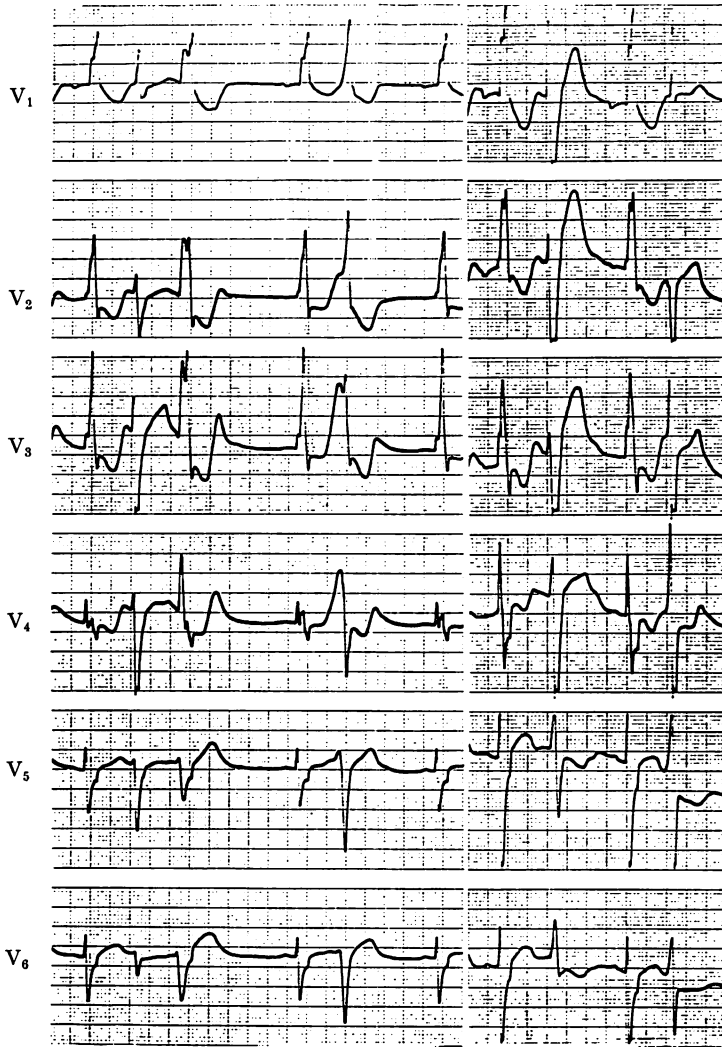


Fig. 2. Electrocardiogram of Case 1.
Multifocal premature ventricular contractions are noted.

れるものを斑状欠損とした。また斑状欠損が広範なものを、びまん性タリウム摂取低下とした。

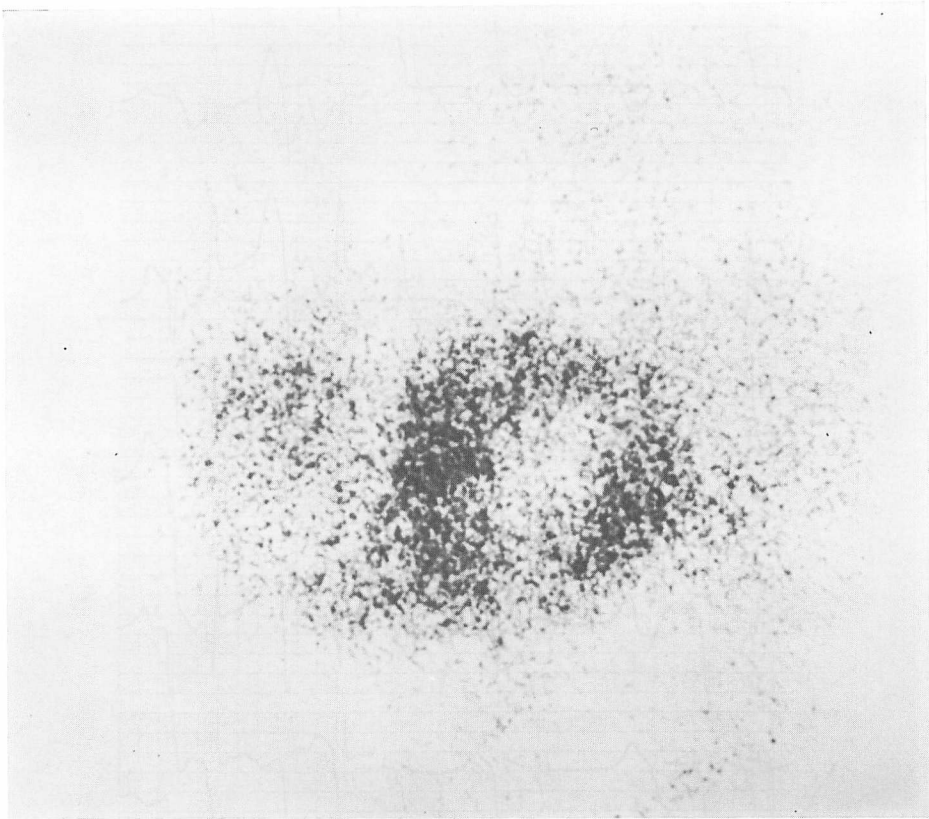
対象 77 例全例に、心筋イメージングとほぼ同時期に心カテーテル検査を施行し、また術後臨床問題となる心室性不整脈を認めた 4 例中 3 例には、体表面マッピングによる不整脈起源の焦点についても検討を行った。

結 果

1. 心室性不整脈を伴った例

77 例中 4 例 (5%) に臨床問題となる心室性不整脈を認めた。以下に症例を呈示する。

症例 1 はファロー四徴にて 9 歳時に開心術を施行された 10 歳男児で、術後まもなく多源性の心室性期外収縮が認められた (Fig. 2)。体表面マッ



LAO 60°

Fig. 3. Myocardial image of Case 1.

Low thallium uptake is shown in the apical-inferior and inferior septal regions.

ピングの所見では, この期外収縮について左室中隔心基部および右室流出路の2カ所の起源が推測された. 心筋イメージ (Fig. 3) では, 左室下壁, 心室中隔に低灌流域を認め, 斑状欠損と判定された. また右室自由壁は軽度に描出され, その描出もまた不均一であった.

症例2は15歳女児で, ファロー四徴にて3歳6カ月時に開心術を施行された症例である. 学校で運動後に気分不快を訴え, 近医を受診した. 心電図では Fig. 4 に示すように心室性頻拍が認められた. 心筋イメージ Fig. 5 では, 心尖部に広範な灌流欠損が認められ, またタリウム摂取はびまん性に低下していた. 右室壁描出も認められた. 体表面マッピングでは, プロタノール負荷に

よる誘発結果から, 心室性頻拍の起源は右室流出路と推定された.

Table 2 に斑状欠損あるいはびまん性タリウム摂取低下を示した症例を一括して示した. イメージ上このような所見を呈した5例中4例(80%)に上記のような臨床問題となる心室性不整脈を認め, またこれらの例では全例右脚ブロックを伴っていた. 一方これに対し, 心筋イメージ上, 斑状欠損あるいはびまん性タリウム摂取低下などの異常を認めなかった72例では, ただ1例にのみ, 安静時心電図上, 単一焦点の心室性期外収縮を認めただけであった.

2. 手術時左室 vent を挿入した例

開心術時, 左心 vent を経左室に用いた例は20

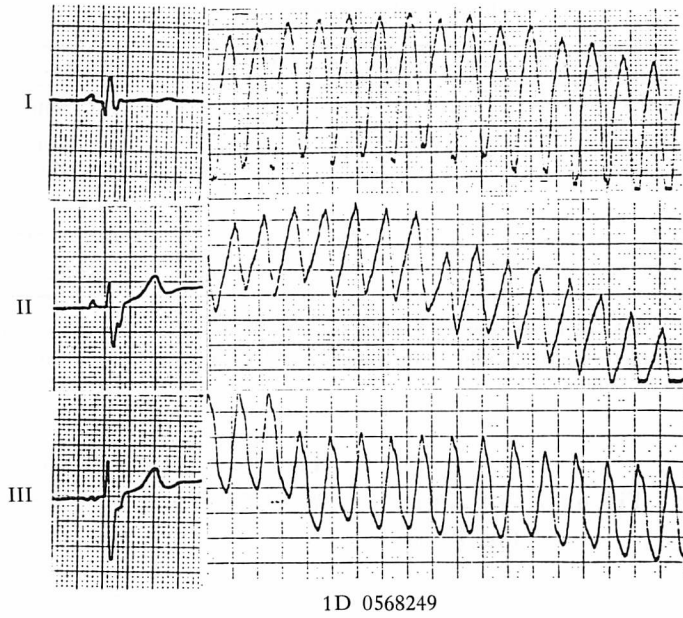


Fig. 4. Electrocardiogram of Case 2.
Ventricular tachycardia is shown.

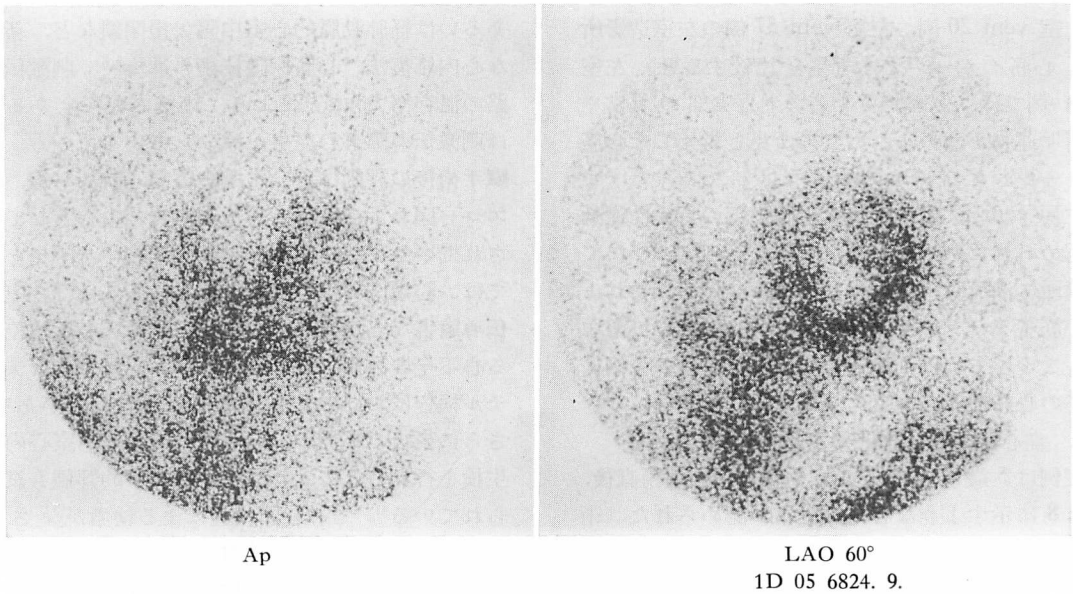


Fig. 5. Myocardial images of Case 2.

Left panel shows a large perfusion defect at the apex and right panel shows a diffuse low thallium uptake by the left ventricular myocardium. Right panel also shows a right ventricular thallium uptake.

Table 2. Clinical summary

ID	Age at Exam.	Age at Op.	Dx.	TI Imaging	Arrhythmia
0568249	15y.	3y.	TF	poor TI uptake	VT, CRBBB
0427409	10y.	8y.	TF	patchy	multifocal PVC, CRBBB
0504919	12y.	5y.	TF	poor TI uptake	PVC, CRBBB
0063643	17y.	13y.	MR	patchy	PVC↑ on TM
0010160	9y.	7y.	TF	poor TI uptake	CRBBB

Abbreviations: Exam.=examination of myocardial imaging; Op=operation; VT=ventricular tachycardia; CRBBB=complete right bundle branch block; PVC=premature ventricular contraction; TM=treadmill test; ↑=increased.

例で, そのうち3例(15%)に心筋イメージ上, 心尖部に灌流欠損を認めた. Fig. 6 に心室中隔欠損術後5年の例における心筋イメージ, Fig. 7 に同一症例の左室造影像を示す. 心筋イメージでは心尖部に広範な灌流欠損を認め, 2時間後の再分布イメージにおいても, この欠損部は変化しなかった. 左室造影シネでは, 収縮末期像において心尖部に収縮しない瘤様に拡大した部分を認めた.

左室 vent 20 例, 左房 vent 57 例の左室造影所見と心筋イメージング所見を比較すると, 左室 vent 例では5例(25%)で造影上心尖部の異常や局所壁運動が認められ, この所見と対比した心筋イメージングの sensitivity は60%であった. また左房 vent 57 例中, 造影上心尖部の奇異性運動が認められた例はなかったが, 心筋イメージにて同箇所灌流欠損がみられた例は2例で, これより心筋イメージングの specificity は98%であった. このうち1例は前述の症例1で, 他の1例は後述の心筋梗塞の例であった.

3. 開心術直後, 心筋梗塞をきたした例

症例は5歳女児で, 心室中隔欠損閉鎖術直後, Fig. 8 に示すような心電図異常が認められた. 術後2時間ではST上昇, 2日後および2カ月後の心電図ではII, III, aVF誘導にQ波が認められ, 下壁梗塞と診断された. 心筋イメージでは下壁心尖部に灌流欠損が認められ, 2時間後のイメージにおいても欠損部に再分布は認められなかった

(Fig. 9). 術後3カ月時の冠動脈造影では, 冠動脈の狭窄性変化はなかったが, 心室造影では下壁の壁運動低下を認めた.

考 察

近年, 先天性心疾患に対する外科手術の進歩はめざましく, 手術死亡の減少のみならず, 術後合併症の減少をもたらしている. すなわち, 経心房あるいは経肺動脈の心室中隔欠損閉鎖など, 新たな心内修復法, 心筋保護技術の進歩^{5,6)}, 刺激伝導路の温存努力⁷⁾などにより, 術後の心不全あるいは刺激伝導障害の発生が減少している. 一方, 心臓手術後の評価は, 今まで心電図, 胸部レ線, 心エコー図および心カテテル検査を中心となされているが, 心筋障害を直接示唆する所見としては, 心電図ではST-Tの異常あるいは心室内伝導障害などがあり, 広範な心筋障害の反映である心不全の評価としては, 心エコー図や心カテテル検査における心機能指標の異常などがある. さらに術後の心カテテル検査時に, 右室心内膜生検を行うことにより, 病理組織学的評価も試みられている⁴⁾. これら諸検査による検索がなされているとはいえ, 十分検討されているとはいえない. このなかでも心筋生検による検索はもっとも直接的に心筋障害を評価しうるものであるが, この方法ですべての心筋障害を評価するためには, 術後の組織変化がびまん性に両心室にわたって起

こることが前提とされねばならない。

$^{201}\text{Tl}^+$ は K^+ に類似し⁸⁾、心筋イメージングにおける $^{201}\text{Tl}^+$ の心筋内分布は主として冠血流および心筋の Na-K ATPアーゼ系の活性に規定されることより⁹⁾、 $^{201}\text{Tl}^+$ を用いた心筋イメージングは、虚血性心疾患の診断に広く用いられている^{10~12)}。このことより、障害された心筋、すなわち線維化あるいは変性した心筋領域では $^{201}\text{Tl}^+$ の取り込みは起こらず、心筋イメージ上“cold”として描出され、本法による心筋障害の評価は心筋症などにも応用され、有用とされている¹³⁾。またこの方法は、主として左室全体が観察可能であり、不均一な心筋障害をも非侵襲的に評価しうることより、術後の心筋障害の評価にも有用であると考えられている。

1. 心室性不整脈例

ファロー四徴などの先天性心疾患の術後において、重症心室性不整脈が合併することがあり、遠隔期における突然死の原因となりうることが知られている^{14~16)}。一般には右室切開あるいは心室中隔欠損閉鎖時の侵襲による術後の瘢痕組織により、刺激伝導の変化がおり、re-entryの可能性を増加させ、さらに右脚ブロックの存在も心室性頻拍の発生に関与するとされている¹⁷⁾。一方谷本らは³⁾先天性心疾患の術前および術後遠隔期の右室心内膜生検所見より、術後に心筋線維化あるいは変性がみられ、このことは手術時の体外循環を用いた心停止や、心室細動による心筋虚血の可能性を示唆すると述べている。この生検部位は、心室切開あるいは心室中隔欠損閉鎖部とは離れた部位であるため、前述のような開心術に伴う直接侵襲によらない心筋障害がおりうることを示していると考えられる。

我々の症例では77例中5例に、心筋イメージング上、斑状欠損あるいはびまん性タリウム摂取低下などの異常所見があり、うち4例に重症心室性不整脈を認めた。これらの異常所見は、術後心カテーテル時の造影所見などにより、冠動脈障害による可能性が少ないことから、心筋細胞のNa-K

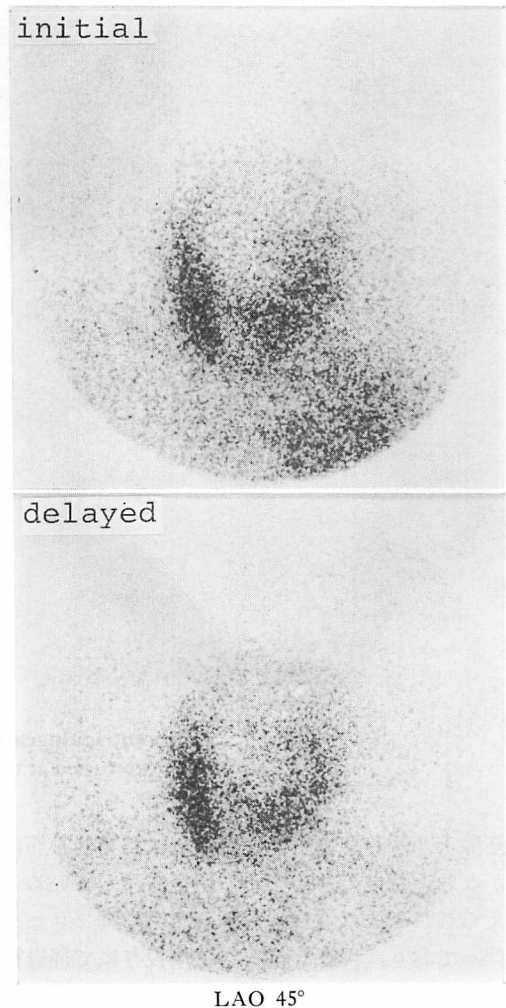


Fig. 6. Myocardial images of a case with vent inserted through the left ventricle.

A large perfusion defect at the apex is observed in the initial image (upper panel), as well as in the delayed image (lower panel).

ATPアーゼの異常によるものと考えられ、ひいては心筋の線維化あるいは変性などの心筋障害を示すものと考えられる。さらに重症心室性不整脈の例はいずれも年長例で、症例1を除くと、症例2は7年、症例3は13年、症例4は6年と、術後経過年数の長い例であった。このことは、ファロー四徴など、チアノーゼ性心疾患では術前からの

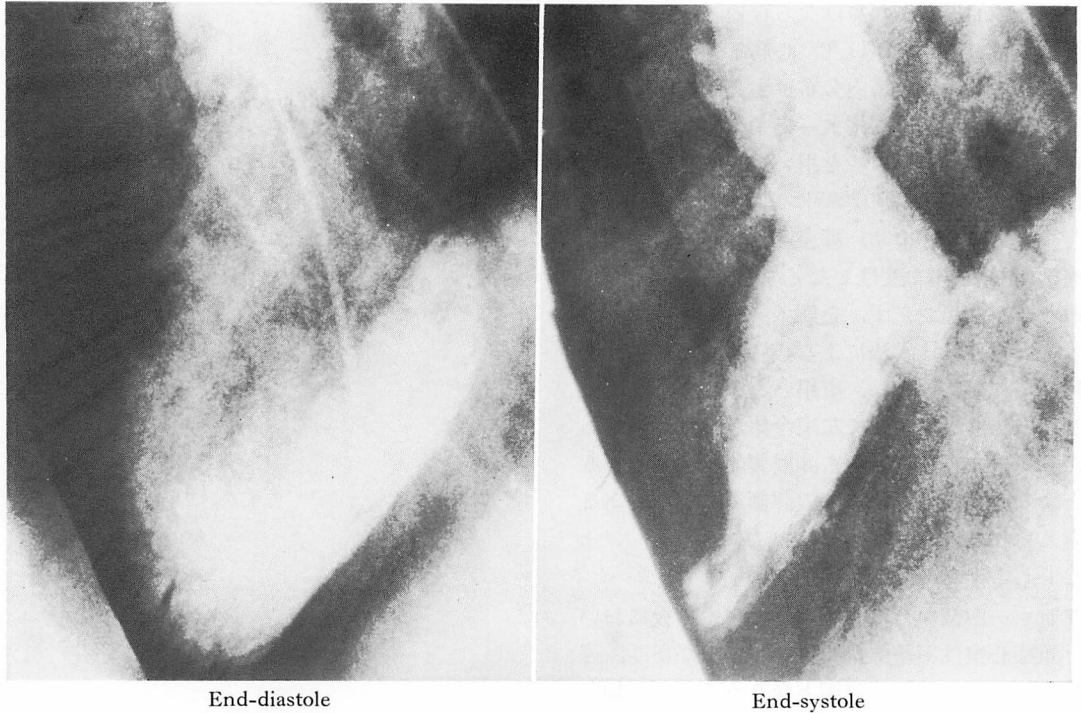


Fig. 7. Left ventriculograms of the same case as in Fig. 6.
Aneurysmal protrusion at the apex in end-systolic phase is noted.

心筋障害が関与する可能性とともに, 術後心筋障害がなお進行性である¹⁵⁾可能性をも示していると考えられた. またこれらの例は全例右脚ブロックを伴っており, 現在, 抗不整脈剤投与にて経過観察中であるが, 注意深い管理が必要と考えられた.

この4例中3例で体表面マッピングによる期外収縮起源の焦点について推定を行った. 心筋イメージ上の異常部位とマッピングにより推定された焦点とは, 必ずしも一致しなかったが, 心筋イメージ上異常を示した症例の80%に重症心室性不整脈を認めたことは, 重要な事実であると考ええる. このことは, 原因が直接の手術侵襲であれ, 術中の心停止などによる心筋障害であれ, イメージ上の心筋障害と術後の心室性不整脈とを強く関連づけるものであり, 術後状態の評価における心筋イメージングの一つの有用性を示すものと考え

られた.

2. 左室 vent による心筋障害

左心 vent は, 開心術時の無血視野拡大, および開心術終了時の気泡除去を目的として挿入される¹⁸⁾. 我々の施設では, 開院以来1978年までの2年間は左室 vent を用い, 以後, 今日までは左房 vent を用いている. 対象を左室 vent 使用例, 左房 vent 使用例の2群に分け, 左室 vent のおよぼす心筋障害の有無を²⁰¹Tl 心筋イメージングにて評価し, 心カテ時の左室造影像と対比すると, 左室 vent 挿入部位に一致した灌流欠損がみられ, 2時間後における再分布イメージでも灌流欠損領域に変化はなく, この部位の心筋は線維化あるいは変性していると考えられた. 心カテーテルによる心室造影像においても, この部位が収縮期に瘤様に拡大し, 奇異性運動を示すことから, この部位の心筋障害が示されていると考えられ

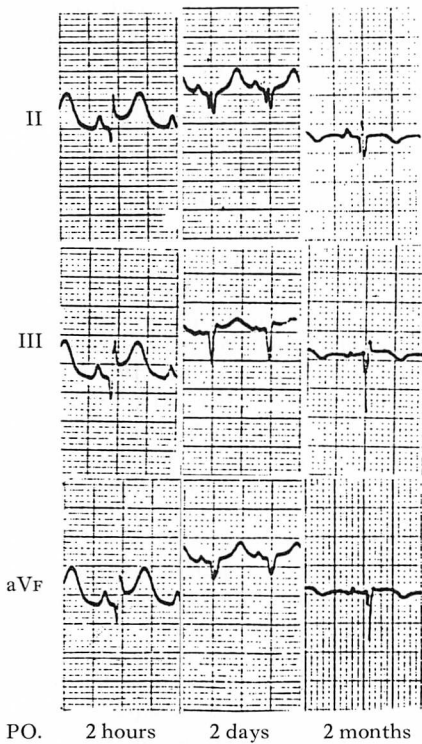


Fig. 8. Serial electrocardiograms in a case with myocardial infarction following open-heart surgery.

た。また造影上、奇異性局所壁運動を示すが、心筋イメージにおいては異常を認めなかった2例では、奇異性運動は軽度で、その異常運動範囲が狭いため、心筋イメージングでの検出が不可能であったものと考えられた。一方、再分布イメージは通常運動負荷後に行われるが、安静時イメージングの場合でも再分布イメージは有用とされている¹⁹⁾。呈示例のように、2時間後のイメージでもほとんど再分布がみられない場合は、冠動脈障害よりはむしろ心筋障害を示すものと考えられる。

以上より、心筋イメージングにより左室 vent 後の心筋障害を評価することが可能であり、またその結果から、今後は左心 vent として左房 vent を用いるべきであると結論される。

開心術後の合併症としての心筋梗塞は、冠動脈狭窄などを伴う成人例で多く報告されてい

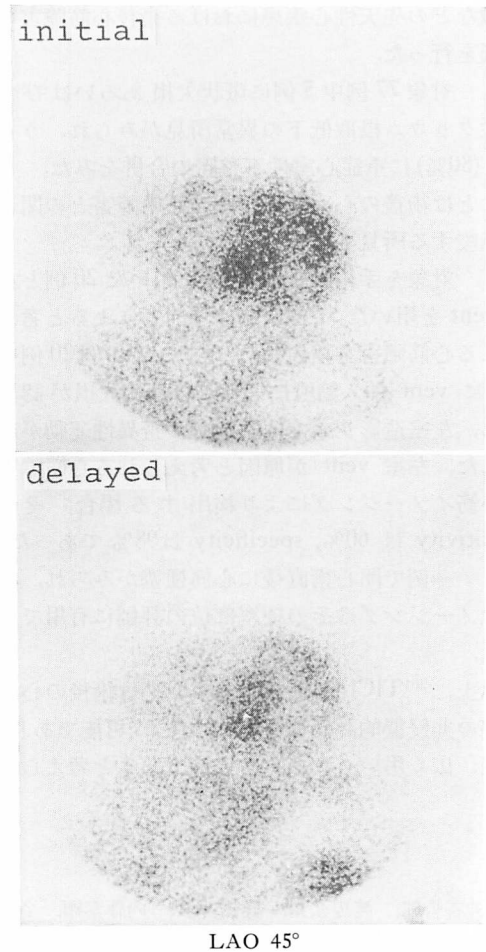


Fig. 9. Myocardial images of the same case as in Fig. 8.

A large perfusion defect in the infero-apical region is seen in the initial image (upper panel), and this area is not redistributed (lower panel).

る^{20,21)}。本報告での例の場合、灌流欠損領域は右冠動脈支配領域に一致し、術後の冠動脈造影では冠動脈障害の所見はみられなかったことより、気泡あるいは血栓による一過性の塞栓がその原因であると考えられた。

要 約

²⁰¹TlCl 心筋イメージングを用いて、ファロー

四徴などの先天性心疾患における術後心筋障害の評価を行った。

1. 対象 77 例中 5 例に斑状欠損あるいはびまん性タリウム摂取低下の異常所見がみられ, うち 4 例 (80%) に重症心室性不整脈の合併をみた。このことは術後の心室性不整脈と心筋障害との関連を示唆する所見と考えられた。

2. 対象を手術時左室 vent を用いた 20 例と左房 vent を用いた 57 例に分け, 前者によると考えられる心筋障害を検討した。左室 vent 例 20 例中 3 例に vent 挿入箇所一致した灌流欠損が認められ, 左室造影シネでは心尖部の奇異性運動がみられた。左室 vent が原因と考えられる心筋障害を心筋イメージングにより検出する場合, その sensitivity は 60%, specificity は 98% であった。

3. 一例で開心術直後に心筋梗塞がみられ, 心筋イメージングはその梗塞部位の評価に有用であった。

以上, $^{201}\text{TlCl}$ 心筋イメージングは術後の心筋障害の非侵襲的評価に用いることが可能であり, 今後, 広く用いられるべき方法であると考えられた。

文 献

- 1) 神谷哲郎, 渡辺弘司, 藤田 毅, 内藤泰頭, 谷本 猛: 心臓手術後の小児の管理と問題点. 循環科学 2: 244, 1982
- 2) Schaper J, Hehrlein F, Schlepper M, Thiedemann K: Ultrastructural alterations during ischemic and reperfusion in human hearts during cardiac surgery. J Molecul Cardiol 9: 175, 1977
- 3) Fenchel G, Seybold-Epting W, Seisert H, Hoffmeister HE, Schlote W, Heller W: Ultrastructural and biochemical changes of human papillary muscle during different methods of cardiac arrest. Thorac Cardiovasc Surgeon 27: 241, 1979
- 4) 谷本 猛, 神谷哲郎, 新垣義夫, 山田 修, 由谷親夫, 呉 聡栄, 内藤泰頭, 藤田 毅, 曲直部寿夫, 小塚隆弘: 先天性心疾患の心臓手術前後における右室心内膜生検所見の検討. 心筋の構造と代謝. 六法出版, 1981, p 341
- 5) Ellis RJ, Gertz EW, Wisneski J, Ebert PA: Mild ventricular dysfunction following cold potassium cardioplegia. Circulation 60: (Suppl I) 147, 1977
- 6) Barner HB, Standeven JW, Tellinek M, Menz LJ, Hahn JW: Topical cardiac hypothermia for myocardial preservation. J Thorac Cardiovasc Surg 73: 856, 1977
- 7) 磯部文隆, 藤田 毅, 内藤泰頭, 康 義治, 菊池利夫, 曲直部寿夫: 心臓外科手術に伴う不整脈の防止対策. 胸部外科 33: 6, 1981
- 8) Gehring PJ, Hammand PB: The interrelationship between thallium and potassium in animals. J Pharn Exp Ther 55: 187, 1967
- 9) Strauss HW, Harrison K, Langman JK, Levowitz E, Pitt B: Thallium-201 for myocardial imaging: Relation of thallium-201 to regional myocardial perfusion. Circulation 51: 641, 1975
- 10) Botvinik EH, Taradash MR, Shaures DM, Parmley WW: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress tests. Am J Cardiol 41: 43, 1978
- 11) Hirzel HO, Nuesch K, Gruentzig AR, Luetolf UM: Short- and long-term changes in myocardial perfusion after percutaneous transmural coronary angioplasty assessed by thallium-201 exercise scintigraphy. Circulation 63: 1001, 1981
- 12) Ono Y, Tanimoto T, Kohata T, Kijima Y, Suzuki A, Kamiya T, Nishimura T, Kozuka T: Myocardial imaging in patients with Kawasaki disease: Exercise stress imaging and serial studies. J Cardiology 12: 387, 1982 (in Japanese)
- 13) Goldman MR, Boucher CA: Value of radionuclide imaging techniques in assessing cardiomyopathy. Am J Cardiol 46: 1232, 1980
- 14) Quattlebaum TG, Verghese PJ, Neil CA, Donahoo JS: Sudden death among postoperative patients with tetralogy of Fallot. Circulation 54: 289, 1976
- 15) Garson A Jr, Gillette PC, Simonelli A, MacNamara DG: Stress-induced ventricular arrhythmia after repair of tetralogy of Fallot. Am J Cardiol 46: 1006, 1980
- 16) Tamer D, Wolff GS, Ferrer P, Pickoff AS, Casta A, Mehta AV, Garcia O, Gelbiamd H: Hemodynamics and intracardiac conduction after operative repair of tetralogy of Fallot. Am J Cardiol 51: 552, 1983
- 17) Han J: The concept of reentrant activity responsible for ectopic rhythm. Am J Cardiol 28: 253, 1971
- 18) 寺本 滋: 体外循環法. 現代外科学大系 9A, 中山書店, 1982, p 74
- 19) Gewirtz H, Beller GA, Strauss HW, Dinsmore RE, Zir LM, McKusick KA, Pohost GM: Transient defects of resting thallium scans in

- patients with coronary artery disease. *Circulation* **59**: 707, 1979
- 20) Arkins R, Smessaert AA, Hicks RG: Mortality and morbidity in surgical patients with coronary artery disease. *JAMA* **190**: 485, 1964
- 21) Mauney FM Jr, Ebert PA, Sabiston DC Jr: Postoperative myocardial infarction: A study of predisposing factors, diagnosis and mortality in a high risk group of surgical patients. *Ann Surg* **172**: 497, 1970