

大血管転位の心筋イメージング： Mustard 手術と Rastelli 手術の比較

Myocardial imaging in patients with transposition of the great arteries: Comparison between Mustard and Rastelli operations

小野 安生	Yasuo ONO
谷本 猛	Takeshi TANIMOTO
木幡 達***	Tohru KOHATA***
新垣 義夫	Yoshio ARAKAKI
高梨 栄	Sakae TAKANASHI
高橋 長裕	Osahiro TAKAHASHI
神谷 哲郎	Tetsuro KAMIYA
西村 恒彦*	Tsunehiko NISHIMURA*
小塚 隆弘*	Takahiro KOZUKA*
内藤 泰頭**	Yasuaki NAITOH**

Summary

Thallium-201 myocardial imaging was performed in 21 patients with transposition of the great arteries (TGA). Thirteen patients were studied before operation, eight patients after Mustard operation and five patients after Rastelli operation. Five patients were studied sequentially before and after the surgery. Each image was compared with hemodynamic and angiographic findings in order to assess the usefulness of this method.

In the 13 patients with preoperative TGA, it was possible to differentiate TGA with the intact ventricular septum from TGA with associated anomalies such as patent ductus arteriosus or ventricular septal defect, and also TGA with pulmonary hypertension or pulmonary stenosis from TGA without them by evaluating the degree of thallium uptake in the free wall of the pulmonary ventricle (anatomical left ventricle). The degree of thallium uptake was well correlated with systolic pressure of the pulmonary ventricle ($r=0.98$). In the 13 patients with postoperative TGA, it was less correlated with the pulmonary ventricular systolic pressure ($r=0.83$). Four cases sequentially studied showed a marked decrease in thallium uptake in the pulmonary ventricle 10 to 16 months after Rastelli operation. But

国立循環器病センター 小児科

*同 放射線科

**同 心臓外科

吹田市藤白台 5-125 (〒 565)

***倉敷中央病院 小児科

倉敷市美和 1-1 (〒 711)

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

***Department of Pediatrics, Kurashiki Central Hospital, Miwa 1-1, Kurashiki 711

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982

Received for publication July 16, 1982

the corrected thallium uptake (thallium activity / ventricular systolic pressure) was more increased compared with the uptake of the systemic ventricle after the surgery. This was probably related to a decrease of the pressure load to the pulmonary ventricle following the surgery and to the fact that there should be some delay of a decrease of the ventricular mass.

An increased lung uptake of thallium was noted in the cases of tricuspid regurgitation after Mustard operation, but the degree of regurgitation was not clearly correlated with the increase of thallium uptake in the lung. In five cases after Rastelli operation, one patient showed a high degree of thallium uptake of the pulmonary ventricle (anatomical right ventricle), and the conduit valve calcification and severe pulmonary stenosis were confirmed by cardiac catheterization and angiography.

Thus myocardial imaging provides a reliable mean for the qualitative and quantitative assessment of TGA before and after operation.

Key words

Thallium-201 myocardial imaging operation

Transposition of the great arteries

Mustard operation

Rastelli operation

はじめに

近年, 大血管転位 (以下 TGA) に対する手術成績の向上および長期生存例の増加に伴い, その術後評価の重要性が増している。我々の施設では, これまで心室中隔欠損を伴わない TGA (以下 TGA I 型) に対しては Mustard 手術¹⁾, 心室中隔欠損および肺動脈狭窄を伴う TGA (以下 TGA III 型) に対しては Rastelli 手術²⁾を行い, また心室中隔欠損を伴う TGA (以下 TGA II 型) に対しては, 当初 Mustard 手術, 1980 年より Rastelli 手術を試みている³⁾。

TGA の術後における合併症の併発率は高く⁴⁾, その侵襲的方法を中心とした評価の報告は多くなされているが⁴⁻⁶⁾, 非侵襲的方法による評価は心断層エコー図を用いた方法などが散見されるのみである⁹⁾。本報告は, TGA 術前・術後の症例に対し, タリウム 201 (以下 ²⁰¹Tl) を用いて心筋イメージングを施行することにより, 主として TGA 術後の非侵襲的評価を行ったものである。

対 象

対象は Table 1 に示すように, 術前例では TGA I 型 6 例, TGA II 型 2 例, TGA III 型 5 例の計 13 例で, 平均月齢はそれぞれ, 3 ヶ月, 13 ヶ月および 20 ヶ月であった。なお軽度の肺動脈

狭窄を伴う 1 例と軽症心室中隔欠損を伴う TGA の 1 例は, TGA I 型とした。また術後例では, Mustard 手術例 8 例, Rastelli 手術例 5 例の計 13 例で, 平均月齢はいずれも 35 ヶ月であった。そのうち Mustard 手術例 1 例および Rastelli 手術例 4 例の計 5 例においては, 同一症例で手術前後の心筋イメージングを施行した。また対照として, 4 ヶ月から 10 歳まで, 平均月齢 33 ヶ月の心室中隔欠損 15 例, 心室中隔欠損・肺動脈狭窄 5 例の計 20 例を用いた。Mustard 手術は, 3 ヶ月から 1 歳, Rastelli 手術は 1 歳 3 ヶ月から 3 歳 4 ヶ月に施行された。

方 法

心筋イメージングには Ohionuclear 製 Σ 410S 型シンチカメラを使用し, ²⁰¹Tl を塩化タリウムとして約 50 μ Ci/kg 静注後 15 分で, 正面, LAO 30°, 45°, 60° および左側面の 5 方向から 30 万カウントずつ撮影した後, 心電図ゲート法により心室中隔を最も接線方向から臨む角度にて, 100 万カウントで拡張末期と収縮末期のイメージを得た。このうち拡張末期のイメージを分析の対象とし, DEC 製ガンマ 11 にて処理し, Fig. 1 に示すように, activity curve の左側変曲点を background に設定した。Pulmonary ventricle の自由壁カウント比 Cp, systemic ventricle の自由

Table 1. Subjects

	pre op	post op	
		Mustard op	Rastelli op
TGA I	6 (3m)	6 (37m)	0
TGA II	2 (13m)	2 (31m)	2 (25m)
TGA III	5 (20m)	0	3 (45m)
Total	13 (11m)	8 (35m)	5 (35m)
Control <VSD, VSD+PS>		20 (33m)	

TGA 1 includes 2 cases with small ventricular septal defect and one case with mild pulmonary stenosis.

(): mean age

壁カウント比 Cs および心室収縮期圧あたりの心室自由壁カウント比 C/press を下の式より計算して求めた.

$$C_p = A/C, \quad C_s = B/C,$$

$$C/\text{press} = C_p \text{ or } C_s/VSP \quad (VSP: \text{ventricular systolic pressure})$$

一方、心筋イメージングとほぼ同時期に全例心カテーテル検査および心室造影を行い、これらの所見と心筋イメージングの所見を対比検討した。Systemic ventricle の房室弁閉鎖不全の重症度は、Sellers の分類¹⁰⁾を応用した。また統計学的

差異は t 検定により、P 値が 0.05 以下の場合に有意とした。

結 果

TGA 21 例の詳細を Table 2 に示した。

1. TGA I 型

TGA I 型 11 例中、術前例 6 例 (Case 1~6)、Mustard 術後例 6 例 (Case 1, Case 7~11) であった。術前例 6 例の心筋イメージングでは、systemic ventricle である解剖学的右室が濃く描出され、pulmonary ventricle である解剖学的左室は軽度の描出を認めるのみであった。しかし動脈管開存などを伴う症例では、pulmonary ventricle の描出は、それを伴わない症例に比べ濃く描出された。一方、Mustard 術後 6 例のイメージでは、systemic ventricle である解剖学的右室は濃く、pulmonary ventricle である解剖学的左室は薄く術前同様に描出されたが、肺野における ²⁰¹Tl 取り込みの上昇を認めた例が多かった。

Fig. 2 に TGA I 型で、3 ヶ月時に Mustard 手術を行った症例 (Case 1) の術前および術後 12 ヶ月の心筋イメージを示す。術後のイメージでは、

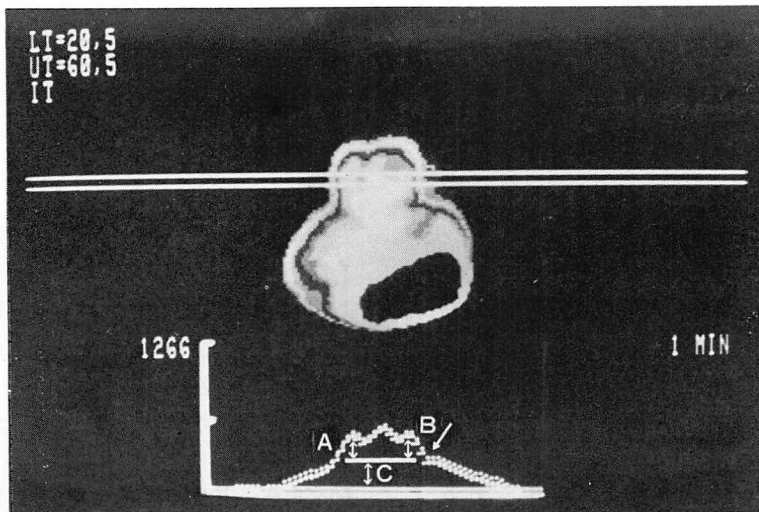


Fig. 1. End-diastolic image with horizontal count profile curve.

A white arrow represents the activity of background.

Table 2. Profile of the individual patients

Case	ID	Diagnosis	Operation		Imaging			Catheterization & Angiography				
			Age	Method	Age	C _p	C _s	PVSP	PAP (s/m)	SVSP	SVEDP	SVR
1	0253912	d-TGA	3m	M	3m	0.33	0.80	27	—	75	2	ND
					1y 3m	0.26	0.78	39	32/20	116	11	I
2	0267335	d-TGA		—	3m	0.27	0.79	30	35/22	80	4	ND
3	0286927	d-TGA, VSD*		—	4m	0.58	0.86	46	33/22	89	3	ND
4	0364629	d-TGA, PDA		—	3m	0.43	0.86	47	—	97	7	ND
5	0442259	d-TGA, PDA		—	2m	0.42	0.87	38	—	70	3	ND
6	0487681	d-TGA, PDA		—	3m	0.50	0.83	43	—	82	5	ND
7	0212348	d-TGA	4m	M	2y 4m	0.20	0.80	35	25/13	90	0	I
8	0060729	d-TGA, VSD*	6m	M	3y 2m	0.67	0.74	34	27/15	87	1	II
9	0019558	d-TGA	1y0m	M	5y11m	0.22	0.50	43	33/18	132	5	II
10	0129051	d-TGA	4m	M	3y 2m	0.25	1.16	33	25/19	82	0	ND
11	0276841	d-TGA, mild PS	4m	M	2y 1m	0.26	0.59	39	20/14	91	5	II
12	0125853	d-TGA, VSD, PH	6m	M, VSD closure	2y 5m	0.35	0.80	57	47/31	99	7	II
13	0176776	d-TGA, VSD, PH	4m	M, VSD closure	2y 8m	0.47	0.70	48	48/37	103	0	III
14	0263971	d-TGA, VSD, PH	1y2m	R	1y 2m	1.38	1.23	89	66/35	83	5	ND
					2y 2m	0.66	1.20	47	32/18	113	2	ND
15	0323185	d-TGA, VSD, PH	1y3m	R	1y 3m	1.23	1.23	86	92/72	91	3	ND
					1y11m	0.53	1.28	42	20/11	131	4	I
16	0384881	d-TGA, VSD, PS	1y6m	R	1y 6m	1.11	0.88	84	—	78	3	ND
					2y 5m	0.41	1.18	33	24/13	119	9	ND
17	0407885	d-TGA, VSD, PS	4y0m	R	3y10m	1.25	1.41	96	—	97	4	ND
					4y 8m	0.40	1.30	37	24/13	116	5	ND
18	0118952	d-TGA, VSD, PS	2y4m	R	3y 2m	1.57	1.48	94	45/25	111	6	ND
19	0326634	d-TGA, VSD, PS		—	1y 4m	1.18	1.27	84	—	78	5	ND
20	0418378	d-TGA, VSD, PS		—	6m	0.87	1.13	78	—	80	2	ND
21	0309527	d-TGA, VSD, PS		—	11m	1.33	1.33	93	—	87	5	ND

TGA=transposition of the great arteries; VSD=ventricular septal defect; PDA=patent ductus arteriosus; PS=pulmonary stenosis; M=Mustard operation; R=Rastelli operation; C_p=count ratio of the pulmonary ventricle; C_s=count ratio of the systemic ventricle; PVSP=pulmonary ventricular systolic pressure; PAP (S/m)=pulmonary arterial pressure (systolic pressure / mean pressure); SVSP=systemic ventricular systolic pressure; SVEDP=systemic ventricular end-diastolic pressure; SVR=systemic atrioventricular valve regurgitation; ND=not detected.

* cases associated with small VSD

肺野のカウント上昇を認めた。術後の心カテーテル検査では、右室収縮末期圧は 11 mmHg と上昇しており、逆行性右室造影では軽度の三尖弁閉鎖不全を認めた。

2. TGA II 型

TGA II 型 4 例中、術前例 2 例、Mustard 術後 2 例および Rastelli 術後 2 例であった。術前の心筋イメージでは、pulmonary ventricle, systemic ventricle とともに同程度濃く描出された。Mustard 術後例 (Case 12, 13) と Rastelli 術後例 (Case 14, 15) を比較すると、Mustard 術

後例では、pulmonary ventricle である解剖学的左室が比較的濃く描出され、肺野のカウント上昇を認めた。一方、Rastelli 術後例では、術前に比し pulmonary ventricle である解剖学的左室の描出は、著明に希薄化した。その描出の程度は Mustard 術後に比べ差はなかった。また肺野のタリウム摂取は著明ではなかった。術後の心カテーテル検査では、Mustard 術後例では中等度の肺高血圧、Rastelli 術後例では軽度の肺動脈狭窄を認め、アンジオでは Mustard 術後例において三尖弁閉鎖不全を認めた。Mustard 術後の 1 症

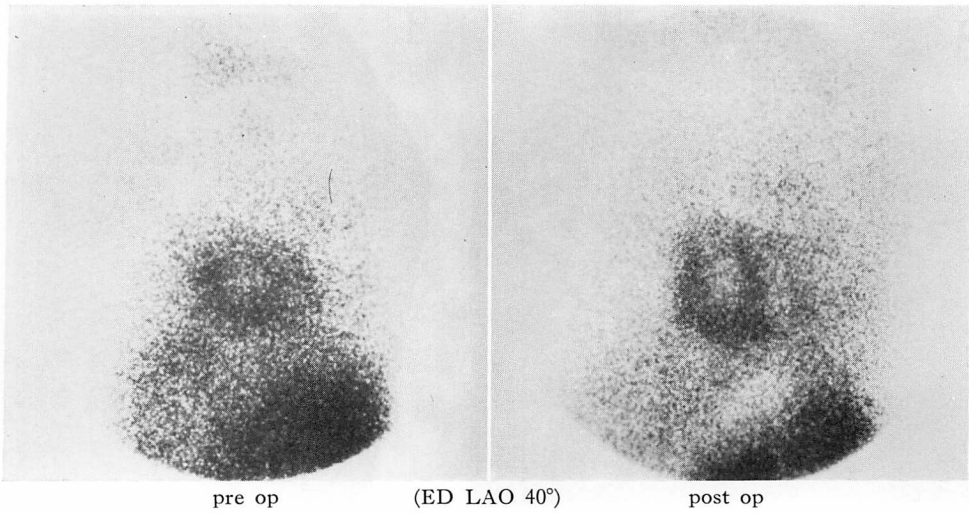


Fig. 2. Myocardial images in a patient with TGA (I), before and after Mustard operation.
Prominent visualization of the systemic ventricle and mild visualization of the pulmonary ventricle are seen in the pre- and post-operative images. An increased lung uptake of thallium is noted in the post-operative image. ED=end-diastole

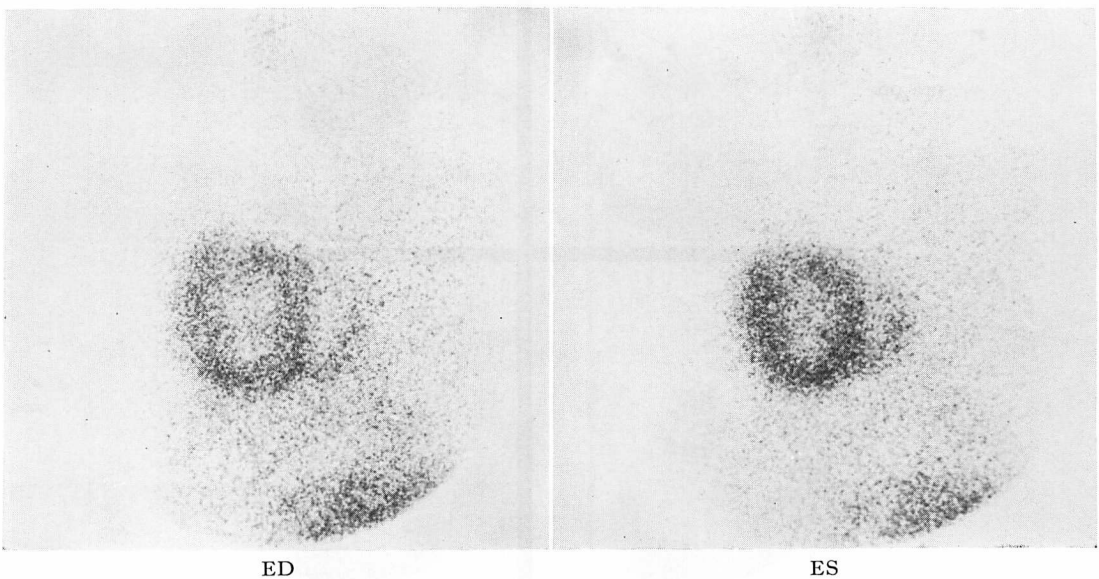
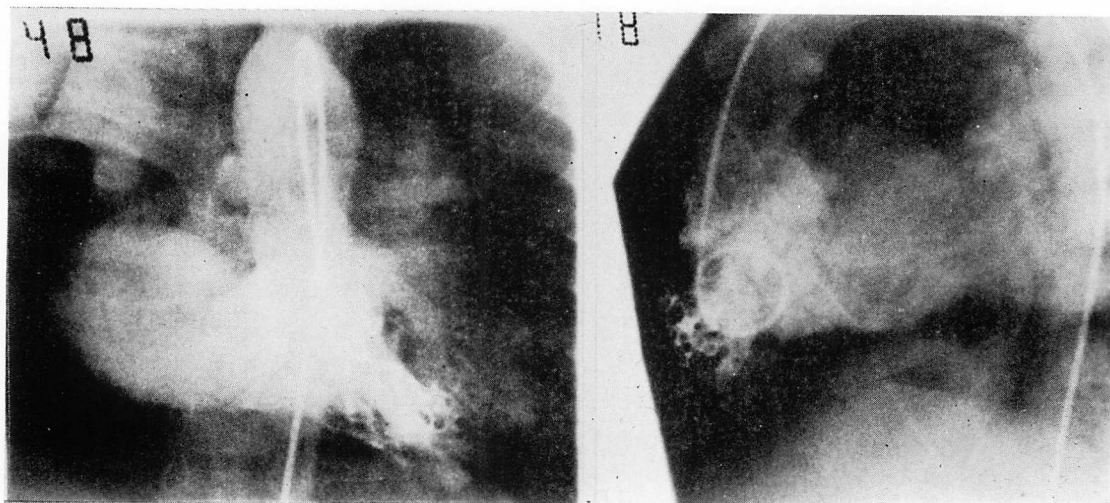


Fig. 3. Myocardial images in a patient with TGA (II) after Mustard operation.
Dilatation of the systemic ventricle and an increased lung uptake of thallium are noted. Pulmonary ventricular visualization is moderate.
ED=end-diastole; ES=end-systole



Antero-posterior view

Lateral view

Fig. 4. Retrograde right ventriculograms in the same patient as in Fig. 3. Tricuspid valve regurgitation (Grade III) is seen.

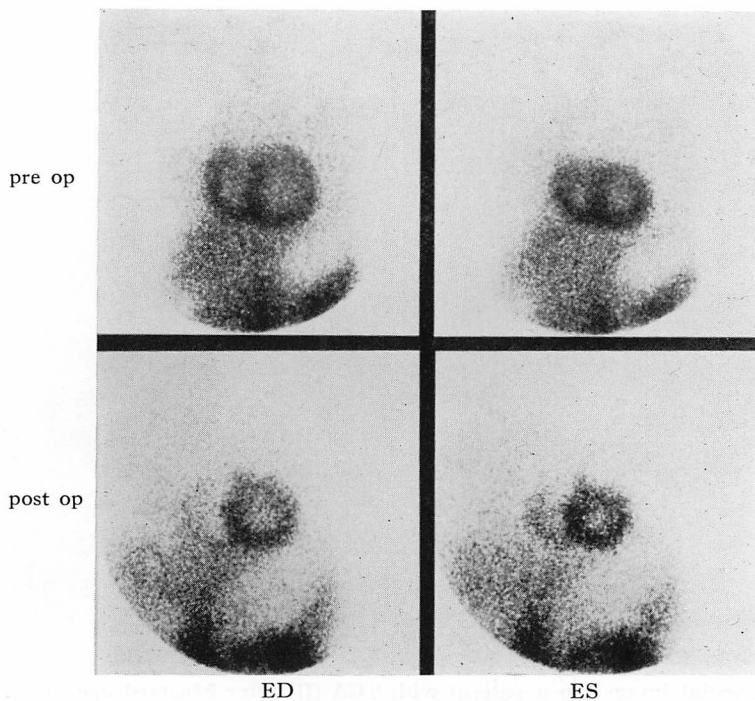


Fig. 5. Myocardial images with a patient with TGA (II), before and after Rastelli operation.

Marked regression of an anatomical right ventricular thallium uptake is seen 12 months after surgery. Abbreviations are the same as in Fig. 3.

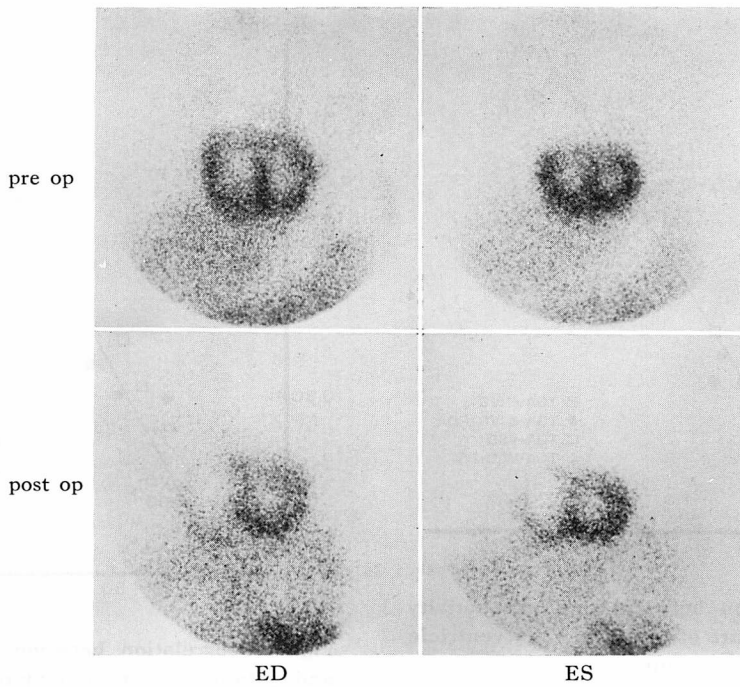


Fig. 6. Myocardial images in a patient with TGA (III), before and after Rastelli operation.
Marked regression of an anatomical right ventricular thallium uptake is seen 10 months after surgery.
ED=end-diastole; ES=end-diastole

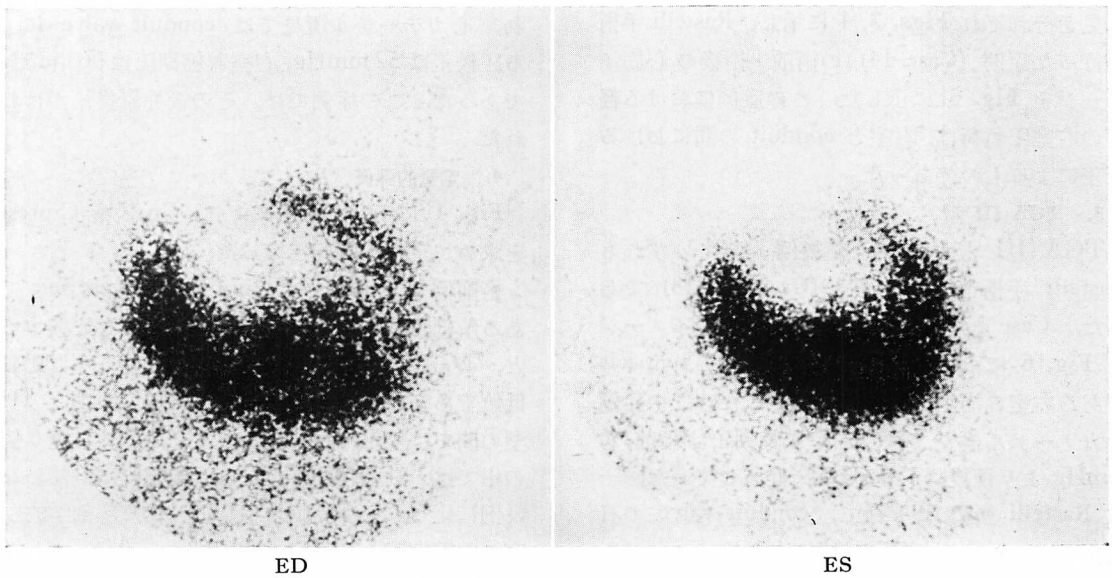


Fig. 7. Myocardial images in a patient with TGA (III) after Rastelli operation.
An increased thallium uptake in the pulmonary ventricle is seen.

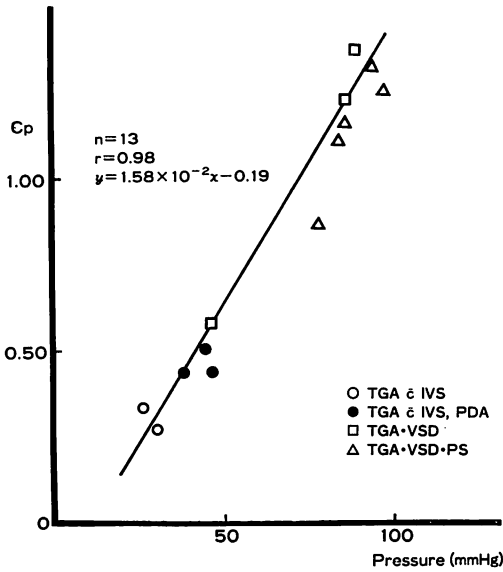


Fig. 8. Correlation between thallium activity and systolic pressure of the pulmonary ventricle in the preoperative group.

IVS=intact ventricular septum. Other abbreviations are the same as in Table 2.

例 (Case 13) の心筋イメージと逆行性右室造影所見をそれぞれ **Figs. 3, 4** に示し, Rastelli 手術を行った症例 (Case 14) の術前・術後の心筋イメージを **Fig. 5** に示した. この症例における軽度の右室圧負荷は, 右室と conduit の間における圧差によるものであった.

3. TGA III 型

TGA III 型 6 例中, 術後例 3 例はいずれも Rastelli 手術を行った症例 (Case 16~18) であった. Case 17 の術前と術後 10 ヶ月のイメージを **Fig. 6** に示す. 術後の pulmonary ventricle である右室の描出は著明に希薄化した. この症例のカテーテル検査では, 右室収縮期圧は術前 96 mmHg より術後 37 mmHg に軽減していた. 一方 Rastelli 術後 10 ヶ月で, conduit valve の石灰化を来した症例 (Case 17) の心筋イメージを **Fig. 7** に示した. 心筋イメージでは, pulmonary ventricle である右室の著明な描出が認めら

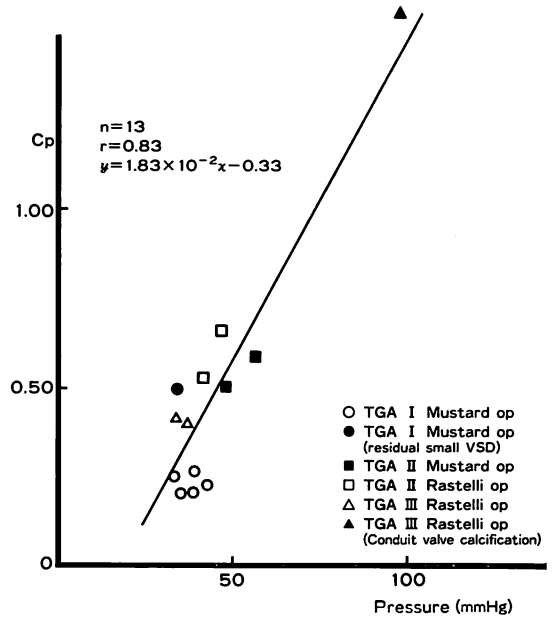


Fig. 9. Correlation between thallium activity and systolic pressure of the pulmonary ventricle in the postoperative group.

Abbreviations are the same as in Table 1 and Table 2.

れ, 心カテーテル所見では conduit valve による圧較差は 52 mmHg, 右室収縮期圧は 96 mmHg であった. この症例では, その後弁置換術が行われた.

4. 定量的評価

Fig. 1 に示した方法により, Cp, Cs, C/press を求め, 定量的評価を行った.

術前例 13 例において, pulmonary ventricle である解剖学的左室壁のカウント比 Cp を比較すると, TGA I 型では, TGA II 型, III 型に比し低値であり ($p < 0.001$), 一方 TGA II 型と III 型の間では差がみられなかった. TGA I 型 6 例の中では, 動脈管開存などを伴う例では, 伴わない例に比し Cp は高値を示した. また解剖学的左室の収縮期圧と Cp との相関は $r = 0.98$ であった (**Fig. 8**).

同様に, TGA 術後 13 例の Cp を比較し

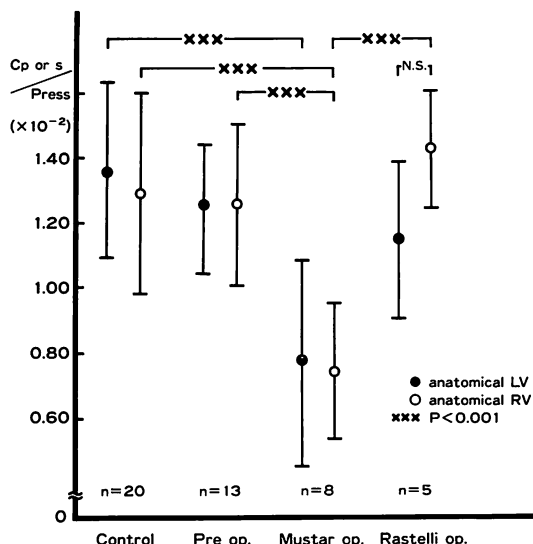


Fig. 10. Comparison of corrected thallium activity among four groups.

N.S.=not significant; LV=left ventricle; RV=right ventricle; Press=systolic pressure.

た。Mustard 術後では解剖学的左室壁，Rastelli 術後では解剖学的右室壁のカウントを示す。Cp と pulmonary ventricle を比較すると， $r=0.83$ と相関していた (Fig. 9)。

一方，Cs または Cp をその心室の収縮期圧で徐した Cs/press (corrected thallium activity) を TGA 術前，Mustard 術後，Rastelli 術後および対照について比較した (Fig. 10)。Mustard 術後を対照と比較すると Cs/press および Cp/press とも有意の低下を示した ($p<0.001$)。さらに Mustard 術後の解剖学的右室と TGA 術前の解剖学的右室の間にも同様の差を認めた ($p<0.001$)。一方，Rastelli 術後の systemic ventricle である解剖学的左室は対照および TGA 術前と比し差がなかったが，pulmonary ventricle である解剖学的右室は同じ Rastelli 術後の解剖学的左室に比し，Cs/press は高い傾向にあった。

TGA 術後における systemic ventricle の房室弁逆流の重症度と Cs/press を比較した。房室弁逆流を認める症例では Cs/press は低下したが，

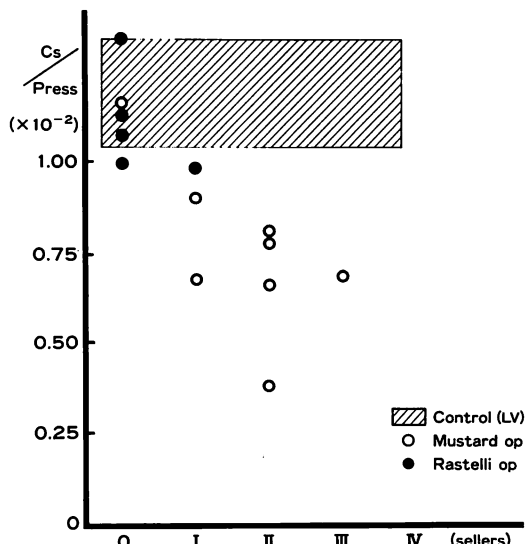


Fig. 11. Corrected thallium uptake and degree of systemic atrioventricular valve regurgitation.

Shaded area indicates mean value \pm SD in the control group. Abbreviations are the same as in Fig. 10.

その重症度と Cs/press との間には明らかな傾向はみられなかった (Fig. 11)。

5. 同一症例の術前・術後における比較

同一症例における術前・術後の解剖学的左室，解剖学的右室における ²⁰¹Tl 取り込みの変化を Fig. 12 に示した。TGA II 型，III 型の Rastelli 術後例では，いずれも右室の ²⁰¹Tl 取り込み低下がみられたが，両者における差は認められなかった。TGA I 型の Mustard 手術の例においては，術後解剖学的右室の取り込み低下を認めた。

考 案

TGA I 型に対する外科治療として，一般に Mustard 手術¹⁾，あるいは Senning 手術¹¹⁾が行われ，その成績は良好であるが¹²⁾，遠隔期における評価では右心機能不全をはじめとして様々な問題がある⁴⁻⁷⁾。さらに，心室中隔欠損を伴う TGA II 型では，早期に高度の肺血管閉塞性病変が進行し，その手術成績も不良である¹³⁾。一方，TGA III 型に対しては Rastelli 手術²⁾があり，その成

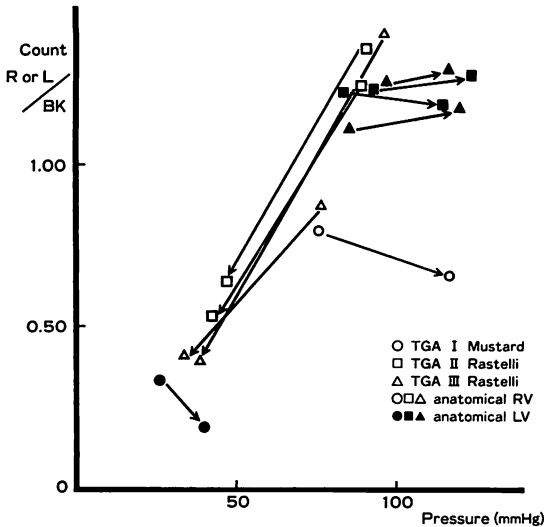


Fig. 12. Changes of ventricular thallium uptake and systolic ventricular pressure before and after surgery.

Abbreviations are the same as in Fig. 10.

績は安定しているが⁹⁾, conduit を用いた手術であるが故の合併症は無視できない¹⁴⁾. 我々の施設では, この Rastelli 手術を TGA II 型に応用し, 良好な成績を得ている⁹⁾.

このように TGA に対する外科治療の進歩および長期生存例の増加に伴い, その術後評価の重要性は増しているが, 非侵襲的方法による検討は十分とはいえない. TGA 術後の合併症の評価を目的として, これまでに断層心エコー図を用いる方法⁹⁾や RI アンジオによる方法¹⁵⁾などが報告されているが, 心筋イメージングを用いる方法の報告はみられない. 我々は心筋イメージングを用いて, pulmonary ventricle の負荷および術後の systemic ventricle の房室弁の逆流を検討した.

心筋イメージングは, K analog である ²⁰¹Tl を用いた. ²⁰¹Tl の心筋への取り込みは様々な要因に規定されるが¹⁶⁾, 主として冠血流を反映するとされ¹⁷⁾, 虚血性心疾患の診断に用いられている^{18,19)}. 一方, Cohen ら²⁰⁾が肺高血圧症例の心筋イメージングにおける右室壁の描出を報告して

以来, 成人例^{21,22)}あるいは小児の先天性心疾患例^{23,24)}に対し, ²⁰¹Tl による右室自由壁の描出度による右心負荷の検討がなされるようになった. これらによれば, 小児では右室の描出は, 容積負荷よりも圧負荷を鋭敏に反映しているが, 成人の場合は一様ではない. 動物実験によれば, 心筋の ²⁰¹Tl 摂取と心筋重量はよく相関するとされており²³⁾, 慢性負荷心について論ずる場合は, 右室の描出は心筋重量の増加を示すとしてよいと考える.

我々はこのことを TGA 術前の pulmonary ventricle である解剖学的左室に応用した. Cp を心室描出のひとつの示標とし, 左室の収縮期圧と相関させると, 相関は $r=0.98$ と良好で, 心筋イメージングにより pulmonary ventricle の圧負荷を推定することが可能と考えた. また Cp を TGA I, II, III 型と比べると, II 型および III 型では 0.80 以上であるが, I 型では 0.60 以下であり両者の鑑別は容易であった. さらに TGA I 型のなかで, 動脈管開存を伴う例での Cp は高く, このことから合併奇形の有無を判定することが可能と考えた.

同様の方法で, TGA 術後の評価も行った. 心臓手術後, 心負荷の消失に伴い心筋が変化することは, 動物実験により心筋 RNA 含量の正常化²⁶⁾, myosin ATPase の正常化²⁷⁾あるいは電顕所見によるもの²⁸⁾などが報告されているが, 心筋イメージングの変化についての報告は少ない. 継ら²⁹⁾によれば, 成人例では術後 1 年 6 ヶ月以降の症例で右室描出の “regression” がみられている. 我々の症例では, 術後 10 ヶ月ですでに著明な “regression” がみられ, 術後症例の Cp と pulmonary ventricle (Mustard 術後では解剖学的左室, Rastelli 術後では解剖学的右室) の収縮期圧を比較すると, $r=0.83$ でよい相関が認められた. このことにより, 小児では手術による心負荷消失後 1 年程度経過すれば, Cp により心室圧負荷を評価することが可能と考えた.

また Cp と心室収縮期圧との回帰直線を, 術前

と術後で比較すると、術後は術前に比し相関が悪く、 y 切片は小さくまた勾配は急峻であった。回帰直線が急峻である原因として、圧負荷軽減が心筋重量の減少に先行することが考えられた。このことは Fig. 10 に示されているように、Rastelli 術後の右室の $Cs/press$ が高いことから裏付けられると考えた。また相関係数が悪化した原因としては、まず年齢、術後期間および疾患により、“regression” の程度に差がある可能性、さらに Mustard 術後では解剖学的左室、Rastelli 術後では解剖学的右室という異なった構造の心室を同一にあつている点、および Mustard 術後において肺野のカウントが上昇している点などが考えられた。このように、Mustard 術後における肺野のカウント上昇は、回帰直線の y 切片を小さくした原因といえる。

“Regression” を TGA II 型および III 型でみてみると、手術の前後で比較し得た 4 例では、いずれも圧負荷軽減に対応して著明な “regression” を認めた。また TGA III 型 Rastelli 術後 10 ヶ月で conduit valve の石灰化を来した 1 例においては著明な右室の描出が認められ、このことは Rastelli 術後の肺動脈狭窄を評価する上で有用であった。また Mustard 術後の 2 例では、心筋イメージでは、両者とも中等度の左室の描出と肺野の薄い描出が認められ、同時期の心カテーテル検査およびアンジオでは、中等度の肺高血圧と三尖弁逆流が認められた。とりわけ TGA II 型の Mustard 術後では、肺血管閉塞性病変が進行することが知られており¹³⁾、これらの症例に関しては、心筋イメージングを継続的に施行することにより、肺高血圧の進展を評価していく必要があると考えた。また心電図ゲート法により、拡張末期および収縮末期のイメージを得ることによって、定性的ではあるが心室の収縮も合わせて評価することが可能であった。Fig. 3 および Fig. 5 に示したように、Rastelli 術後に比し Mustard 術後では systemic ventricle の拡大がみられ、その収縮は低下していることがわかる。

このことも TGA II 型における Mustard 手術の 1 つの限界を示していると考えた。

心不全あるいは運動負荷により、肺野の ^{201}Tl 摂取は増加することが知られている^{30,31)}。我々の症例では、TGA Mustard 術後例の多くで肺野の ^{201}Tl 摂取の増加を認めた。そこでその増加を background の上昇としてとらえ、 $Cs/press$ をその示標とした。 $Cs/press$ は Mustard 術後では、対照、術前および Rastelli 術後に比し低値であった。さらに低値を示した例では、軽度の三尖弁逆流と右室拡張末期圧の上昇が認められた 1 例のほかは、I 度から III 度の三尖弁逆流のみ認められ、右室拡張末期圧の上昇は認められなかった。定量的評価は困難であったが、三尖弁逆流の有無、右室の拡張末期圧の上昇の有無の判定には有用であると考えた。肺野の ^{201}Tl 摂取増加の機序に関しては今後の検討が必要と思われた。

しかし一方、 ^{201}Tl の心筋摂取および肺野の摂取は時間とともに変化する³²⁾。したがって、肺野による ^{201}Tl 摂取の評価に関しては、時間の因子を考慮する必要がある、その解釈は慎重にすべきと考えた。我々の方法では、 ^{201}Tl 静注後約 15 分で前記 5 方向より撮影し、その後心室中隔を接線方向から望む角度にて心電図ゲート法を行い、それにより得られたイメージを分析の対象とした。したがって、分析したイメージは ^{201}Tl 静注後約 30 分から 45 分の間に集収されており、各症例の間での時間的条件はほぼ一定と仮定し得ると考えた。また background の関心領域の設定に関しては、Dehmer ら³³⁾ のように activity curve の左側変曲点とするのが最も再現性のある方法と考え、これに従った。

これらのことを考慮すれば、 ^{201}Tl による心筋イメージングは、TGA の術後の評価に極めて有用であると考えた。

結 論

1) TGA 術後例に対する心筋イメージを分析することにより、TGA I 型と TGA II 型、III

型の鑑別, さらに TGA I 型のなかで, 動脈管開存などを伴うか否かの鑑別が可能であった。

2) 心筋イメージングは, TGA Mustard 術後の合併症である肺血管病変および三尖弁逆流の評価および Rastelli 術後の合併症である肺動脈狭窄の評価に有用であった。

3) TGA II 型に対する手術方法としては, Rastelli 手術のほうが Mustard 手術より優れていると考えた。

要 約

大血管転位 (TGA) 21 例に ^{201}Tl を用いて心筋イメージングを施行し, 本法の TGA における非侵襲的評価の有用性について検討した。

TGA 術前 13 例においては, pulmonary ventricle である解剖学的左室壁の描出度を評価することにより, TGA I 型においては動脈管開存を伴うか否か, また TGA II 型, III 型では肺高血圧や肺動脈狭窄を伴うか否かの鑑別が可能であった。またその描出度は, 左室収縮期圧と良好な相関を示した ($r=0.98$)。同様にして, 術後 13 例においても pulmonary ventricle の描出度とその心室収縮期圧の間にも相関を認めた ($r=0.83$)。同一症例で Rastelli 手術前後において心筋イメージングを施行した 4 例では, いずれも術後 10 ヶ月から 16 ヶ月で, pulmonary ventricle の圧負荷軽減に伴い, その描出の希薄化を認めた。しかし, 心室収縮期圧あたりの Tl 摂取は, その症例の systemic ventricle における摂取に比し高い傾向にあった。このことは, 手術による圧負荷軽減に対応した心室重量の減少が, やや遅れる傾向にあることを示していると考えた。Mustard 術後症例の多くに, 肺野のタリウム摂取増加を認めた。このことは, Mustard 術後の三尖弁閉鎖不全のある症例において顕著であったが, その程度と肺野のタリウム摂取増加との間には相関は認めなかった。Rastelli 術後 5 例中 1 例に Conduit valve の石灰化による肺動脈狭窄を認め, この例では心筋イメージングにおいて強い右室圧負荷が示され

た。

心筋イメージングは, TGA 術前・術後の定性的および定量的評価を行う上で, 極めて有用な方法であると考えた。

文 献

- 1) Mustard WT: Successful two stage correction of transposition of the great vessels. *Surgery* 55: 469, 1964
- 2) Rastelli GC: A new approach to anatomic repair of transposition of the great arteries. *Mayo Clin Proc* 44: 1, 1969
- 3) Naito Y, Fujita T, Tomino T, Koh Y, Kikuchi T, Isobe F, Uema T, Tanimoto T, Hirose O, Kamiya T, Manabe H: Rastelli operation as one stage correction for the infant with transposition of the great arteries and ventricular septal defect. *Jpn J Thorac Surg* 34: 661, 1981 (in Japanese)
- 4) Hagler DJ, Ritter DG, Mair DD, Davis GD, McGoan DC: Clinical, angiographic and hemodynamic assessment of late results after Mustard operation. *Circulation* 57: 1214, 1978
- 5) Graham TP Jr, Atwood GF, Boucek RJ Jr, Boerth RC, Bender HW Jr: Abnormalities of right ventricular function following Mustard's operation for transposition of the great arteries. *Circulation* 52: 687, 1975
- 6) Hagler DJ, Ritter DG, Mair DD, Tajik AJ, Seward JB, Fulton RE, Ritman EL: Right and left ventricular function after Mustard procedure in transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 44: 276, 1979
- 7) Monma K, Takao A, Hase N, Imai Y, Wada J: Long-term results of the Mustard's operation for the complete transposition of the great arteries. *Heart* 12: 50, 1980 (in Japanese)
- 8) Marcelleti C, Mair D, McGoan DC, Wallace RB, Danielson GK: The Rastelli operation for transposition of the great arteries. Early and late results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 72: 427, 1976
- 9) Aziz KU, Paul MH, Bharati S, Cole RB, Muster AJ, Lev M, Idriss FS: Two dimensional echocardiographic evaluation of Mustard operation for d-transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 47: 654, 1981
- 10) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cineangiography in aquired cardiac disease. *Technic, indication and interpretation in 700 cases.* *Am J Cardiol* 14: 437, 1964
- 11) Senning A: Surgical correction of transposition

- of the great vessels. *Surgery* **45**: 966, 1959
- 12) Stark J, DeLeval MR, Waterston DJ, Graham GP, Bonham-Carter RE: Corrective surgery of transposition of the great arteries in the first year of life. *J Thorac Cardiovasc Surg* **67**: 673, 1974
 - 13) Byrne J, Clark D, Taylor FJN, Macartney F, DeLeval M, Stark J: Treatment of patients with transposition of the great arteries and pulmonary vascular disease. *Br Heart J* **40**: 221, 1978
 - 14) Rosenthal A, Rocchini AP, Kaene JF, Castaneda AR, Nadas AS: Hemodynamics after surgical repair with right ventricle to pulmonary artery conduit (Abstr). *Circulation (Suppl 11)* **52**: 102, 1975
 - 15) Hurwitz RA, Papanicolaou N, Treves S, Kaene JF, Castaneda A: Radionuclide angiocardio-graphy in evaluation of patients after repair of transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* **49**: 761, 1982
 - 16) Strauer BE, Burger S, Bull U: Multifactorial determination of ²⁰¹thallium uptake of the heart: An experimental study concerning the influence of ventricular mass, perfusion and oxygen consumption. *Basic Res Cardiol* **73**: 298, 1978
 - 17) Strauss HW, Harrison K, Langan JK, Lebowitz E, Pitt B: Thallium-201 for myocardial imaging; Relation of thallium-201 to regional myocardial perfusion. *Circulation* **51**: 641, 1975
 - 18) Pitt B, Strauss HW: Myocardial imaging in the noninvasive evaluation of the patients with suspected ischemic heart disease. *Am J Cardiol* **37**: 797, 1976
 - 19) Botvinick EH, Taradash MR, Shaures DM, Parmley WW: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress test. *Am J Cardiol* **41**: 43, 1978
 - 20) Cohen HA, Baird MG, Rouleau JR, Fuhrmann CF, Bailey IK, Summer WR, Strauss HW, Pitt B: Thallium-201 myocardial imaging in patients with pulmonary hypertension. *Circulation* **54**: 790, 1976
 - 21) Kondo M, Kubo A, Yamazaki H, Ohsuzu F, Handa S, Tsugu T, Masaki H, Kinoshita F, Hashimoto F: Thallium-201 myocardial imaging for evaluation of right ventricular overloading. *J Nucl Med* **19**: 1197, 1978
 - 22) Khaja F, Alam M, Goldstein S, Anbe DT, Marks DS: Diagnostic value of visualization of the right ventricle using thallium-201 myocardial imaging. *Circulation* **59**: 182, 1979
 - 23) Ueda K, Saito A, Nakano H, Yano M: Quantitative evaluation of right heart hemodynamics by thallium-201 myocardial scintigraphy in infants and children with congenital heart disease. *J Cardiology* **10**: 1109, 1980
 - 24) 神谷哲郎, 小野安生, 谷本 猛, 木幡 達: 小児の心臓核医学. *小児科臨床* **35**: 1029, 1982
 - 25) Wacker FJ, Klay JW, Laks H, Schnitzer J, Zaret BL, Geha AS: Pathophysiologic correlates of right ventricular thallium-201 uptake in a canine model. *Circulation* **64**: 1256, 1981
 - 26) Rabinowitz M: Overview on pathogenesis of cardiac hypertrophy. *Circulation Res* **34 & 35 (Suppl II)**: 3, 1974
 - 27) Carey RA, Bore AA, Coulson RL, Spann JF: Recovery of myosin ATPase after relief of pressure overload, hypertrophy and failure. *Am J Physiol* **3**: H 711, 1978
 - 28) Papamitriou JM, Hopkins BF, Taylor RR: Regression of left ventricular dilatation and hypertrophy after removal of volume overload. *Circulation Res* **45**: 697, 1979
 - 29) 継 健, 山崎 元, 高木八重子, 近藤 誠, 久保敦司, 大鈴文孝, 井上 正, 半田俊之介, 中村芳郎: 心臓手術後のタリウム 201 心筋シンチグラム—心負荷消失にともなうの肥大 regression について—。呼吸と循環 **30**: 81, 1982
 - 30) Bingham JB, Strauss HW, Pohost GM, Mckusick KA: Mechanisms of lung uptake of thallium-201. (abst) *Circulation* **58 (Suppl 11)**: 62, 1978
 - 31) Strauss HW, Pohost GM: Increased lung uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging: Clinical, hemodynamic and angiographic implications in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **46**: 189, 1980
 - 32) Beller GA, Watson DD, Pohost GM: Kinetics of thallium distribution and redistribution. *in Cardiovascular Nuclear Medicine*. ed. by Strauss HW and Pitt B, 2nd ed, Mosby, 1979
 - 33) Dehmer GJ, Lewis SL, Hillis LD, Twieg D, Falkoff M, Parkey RW, Willerson JT: Determination of left ventricular volumes from the time activity data derived from equilibrium gated blood pool scans. *Am J Cardiol* **45**: 293, 1980