

タリウム-201 心筋シンチグラムによる右室負荷の評価：血行動態および心電図との関連について

Thallium-201 myocardial imaging for evaluation of right ventricular overloading: Correlation with hemodynamics and electrocardiography

大鈴 文孝
半田俊之介
山崎 元
継 健
中村 芳郎
近藤 誠*
高木八重子*
久保 敦司*

Fumitaka OHSUZU
Shunosuke HANDA
Hajime YAMAZAKI
Takeshi TSUGU
Yoshiro NAKAMURA
Makoto KONDOH*
Yaeko TAKAGI*
Atsushi KUBO*

Summary

The usefulness of thallium-201 (t_1) myocardial scintigraphy (TMS) for the assessment of right ventricular (RV) overloading was estimated in 36 clinical heart diseases, in comparison with hemodynamic and EKG findings. Myocardial imaging was performed at rest 10 minutes after intravenous injection of 2 mCi of t_1 . The extent of tracer activity in the RV free wall was graded into four degrees. In patients without RV visualisation (RVV), RV systolic pressure was within normal range. The degree of RVV was intensified with elevation of RV systolic pressure. The extent of RVV also increased with the increment of RV end-diastolic pressure, pulmonary arterial mean pressure and total pulmonary vascular resistance. EKG tracings were interpreted with the criteria for RV hypertrophy by Sokolow and Lyon, Roman et al, Milnor and Myers et al. RV density was intensified, accompanied with the numbers of the criteria (Sokolow and Lyon) satisfied in each tracing. The sensitivity and specificity of TMS was compared with those of EKG for the detection of RV pressure overloading. TMS was more sensitive than EKG. The specificity of TMS was almost equal to that of EKG criterion (88.9%). It was not easy to differentiate RV pressure overloading from volume overloading on EKG. Myocardial images revealed characteristic appearance in each overloading. In patients with RV pressure overloading, the septum appeared straight and in patients with RV volume overloading, the RV cavity was dilated and the septum was convex to the RV cavity. In addition, of 3 cases with complete

慶応義塾大学医学部 呼吸循環内科
* 同 放射線科
東京都新宿区信濃町 35 (〒160)

Department of Internal Medicine, and *Department of Radiology, School of Medicine, Keio University, Shinanomachi 35, Shinjuku-ku, Tokyo, 160

Presented at the 16th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 28, 1978
Received for publication April 28, 1978

right bundle branch block, 1 with dense RVV had pulmonary arterial mean pressure of 35 mmHg and 2 without significant RVV had no pulmonary hypertension.

In conclusion, thallium-201 myocardial scintigraphy was a useful non-invasive method to evaluate RV overloading and was more sensitive than EKG to detect RV pressure overloading.

Key words

Thallium-201 myocardial imaging Right ventricular overloading Right ventricular hypertrophy
 Electrocardiography Hemodynamic findings

Table 1. Material

Control	6	
RV pressure overloadings	17	
Mitral stenosis (MS)		9
Mitral stenosis with regurgitation (MSR)		2
Pulmonic stenosis (PS)		2
Primary pulmonary hypertension (PPH)		1
Chronic cor pulmonale (CCP)		1
Eisenmenger's complex*		2
RV volume overloadings	6	
Ventricular septal defect (VSD)		1
Atrial septal defect (ASD)		5
RV pressure & volume overloadings	4	
Mitral regurgitation (MR) with Tricuspid regurgitation (TR)		1
MSR with TR		1
Tetralogy of Fallot (T/F)		2
Total	33	

* due to VSD

はじめに

非侵襲的に右室負荷を診断することは、必ずしも容易ではない。右室肥大については、従来、心電図所見が重視されてきたが、鋭敏性、特異性の両者とも高い診断基準は見あたらず¹⁻⁴⁾、右室負荷の検出はさらに困難である。Thallium-201 心筋シンチグラフィは、主として虚血性心疾患の診断に利用されてきたが^{5,6)}、Cohen ら⁷⁾は右室肥大の診断に応用しようと提唱している。我々は、すでに血行動態との対比から、右室負荷の判定に有用であるとの結果を得ているが^{8,9)}、今回は心電図所見との対比を行い、右室負荷の診断に対しどちらが優れているか検討した。

対象および方法

対象は、全例心臓カテーテル検査にて確定診断をした 36 例である。このうち完全右脚ブロックの 3 例は分離して検討した。完全右脚ブロックではない 33 例の内訳は、コントロール群 (右室負荷疾患のない例) 6 例、右心への圧負荷群 (僧帽弁狭窄症、肺動脈弁狭窄症など) 17 例、右心への容量負荷群 (心房中隔欠損症など) 6 例、右心への圧および容量負荷群 (ファロー四徴症など) 4 例である (Table 1)。完全右脚ブロックの 3 例は、Ebstein's anomaly 1 例、心房中隔欠損症 2 例である。

心筋シンチグラフィと標準 12 誘導心電図記録は、心臓カテーテル検査前 24 時間以内に施行した。東芝製ガンマカメラ GCA-202 に、高分解能低エネルギー用平行コリメーターを装着し、安静時 Thallium-201, 2 mCi を静注し、10 分

後に撮影を開始し、正面、左前斜位 30 度、45 度、60 度、および左側面の 5 方向のシンチグラムを得た。撮影条件は、エネルギーおよびウインドー幅を 75 KeV ± 30%、全イメージのカウントを 60 万カウントとした。

得られたシンチグラムの形態学的特徴を検討し、右室壁の描出度を Cohen ら⁷⁾の方法に準拠し判定した。すなわち、左前斜位 45 度で得られた心筋シンチグラム上で、右室自由壁部分の RI activity の程度を、左室自由壁部分のそれと比較することにより 4 段階に区分した (Fig. 1)。(-) は右室壁の描出が明らかでない例、(1+) は右室壁の描出がみられるがその RI activity が左室自由壁に比べ弱い例、(2+) は右室壁の RI activity

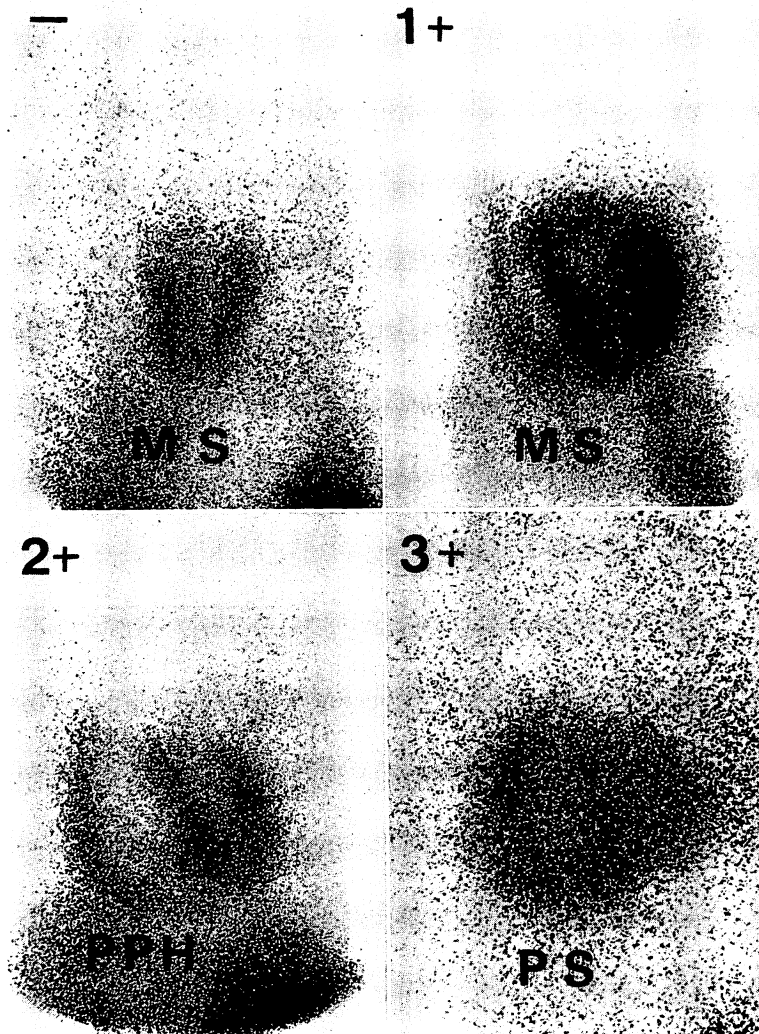


Fig. 1. Thallium-201 myocardial image in left anterior oblique projection, showing the grade of RV RI activity.

RV RI activity: right ventricular radioisotope activity, MS: mitral stenosis, PPH: primary pulmonary hypertension, PS: pulmonic stenosis.

が左室自由壁と同程度の例、(3+)はそれより強い例とした。なお右室自由壁の判定には、主として三尖弁口部直下付近の RI activity を用いた。

心電図記録については、従来より右室肥大の診断基準として使われてきているものより、Soko-

low と Lyon¹⁾, Roman, Walsh と Massie²⁾, Milnor³⁾, Myers, Klein と Stofer⁴⁾ のそれぞれについて満足するかどうか検討した。

成 績

1. 心筋シンチグラムと血行力学的諸指標との関連について

心筋シンチグラムの右室自由壁の描出度 (RV RI activity) と, 血行力学的諸指標との関係を検討した。

異なる RI activity の4群間に心拍数では有意差は認められなかった。右室収縮期圧 (RVSP) は, (-) 群では1例を除いて 30 mmHg 以下でほぼ正常範囲内だったのに比し, (1+), (2+), (3+) (以後右室壁描出群と略す) では, 容量負荷の3例を含めた4例以外は, 30 mmHg 以上の異常高値を呈した (Fig. 2)。

各群間で比較すると (1+), (3+) 群は, (-) 群

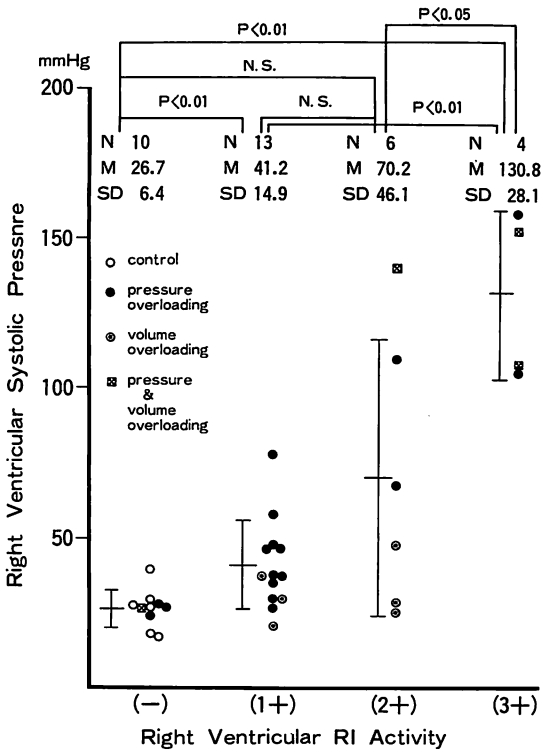


Fig. 2. Relationship between right ventricular systolic pressure and RV RI activity.

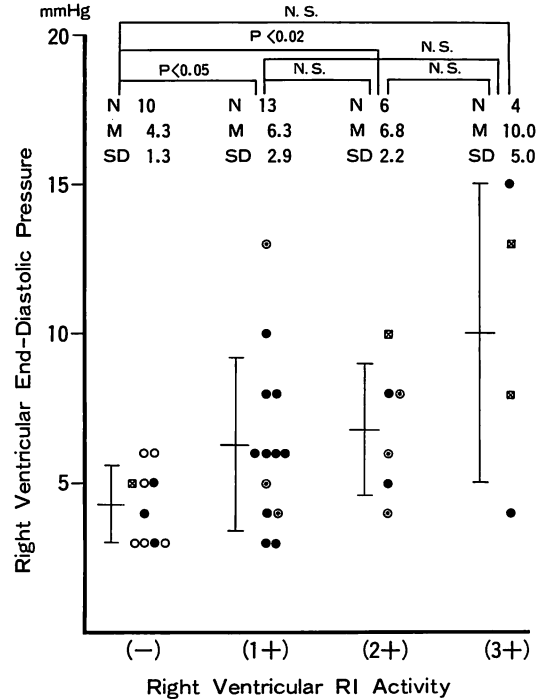


Fig. 3. Relationship between right ventricular end-diastolic pressure and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

に比し有意に高値を呈したが, (2+) 群では容量負荷例が多く含まれており, 統計的には有意差を認めなかった。右室拡張終末期圧 (RVEDP) は, (-) 群では全例 6 mmHg 以下であったが, 右室壁描出群では異常高値を呈するものが多くみられ, (1+), (2+) 群では, (-) 群に比し有意に高値を呈した (Fig. 3)。肺動脈平均圧 (PAMP) は, 容量負荷例を除けば右室壁描出群では異常高値を呈するものが多くみられ, (1+) 群は, (-) 群に比し有意に高値を呈した (Fig. 4)。全肺血管抵抗 (TPVR) は, 症例数が少ないが, 右室壁描出群では容量負荷例を除けば全例異常高値を呈し, (1+) 群は, (-) 群に比し有意に高値を呈した (Fig. 5)。心拍出量係数 (CI) は, (-) 群と (1+) 群間にほとんど差が認められなかった (Fig. 6)。右室壁描出群の右室一回仕事量係数 (RVSWI)

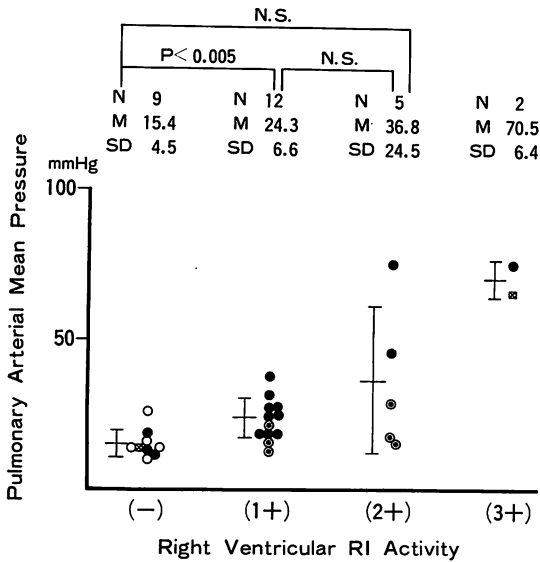


Fig. 4. Relationship between pulmonary arterial mean pressure and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

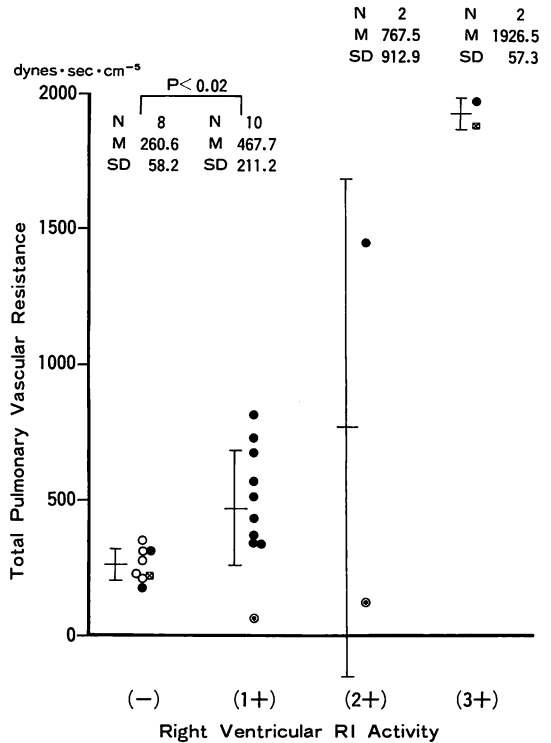


Fig. 5. Relationship between total pulmonary vascular resistance and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

に異常高値を呈するものがみられ (Fig. 7), 左室一回仕事量係数 (LVSWI) に異常低値を呈するものがみられたが (Fig. 8), (-) 群との間に有意差は生じなかった。

2. 心筋シンチグラムと心電図との関連について

心電図と心筋シンチグラムを対比検討した。Sokolow と Lyon のいわゆる右室肥大診断基準について、右室壁の RI activity の程度を検討した (Fig. 9 A, B)。RI activity (-) 群と (1+) 群の間で、心電図基準の出現率が有意に増加したものは、 $R/S_{V_1} > 1.0$ と $VAT \geq 0.04 \text{ sec}$ in V_1 or V_2 の2項目のみであった。 $S_{V_1} \leq 2 \text{ mm}$, R/S_{V_5} or $R/S_{V_6} \leq 1$, $RaV_R \geq 5 \text{ mm}$, $R/S_{V_5}/R/S_{V_1} \leq 0.4$ は、(-) 群では出現率 0 であるのに (3+) 群では出現率が著しく増大した。RI activity の程度による4群のそれぞれが、心電図12項目中何項目を満たすかについて検討した (Fig. 10)。平均値は (-) 群 0.4, (1+) 群 2.8, (2+) 群 6.2, (3+) 群 9.3 となり、症例数の少ない (2+) 群と (3+) 群間以外は各群間に有意差が認められ

たが、個々の値では各群間にオーバーラップが多くみられた。

3. シンチグラムおよび心電図による右室圧負荷診断の鋭敏性、特異性について

上記のような心筋シンチグラムと血行力学および心電図との関連性から、つぎに心筋シンチグラム、心電図の両者の右室圧負荷診断の鋭敏性、特異性について検討した。すなわち、RVSP 30 mmHg 以上であるにもかかわらず、シンチグラムで右室壁の描出を認めない例、心電図で右室肥大の基準を満足しない例を false negative とし、RVSP 30 mmHg 未満であるにもかかわらず、右室壁が描出される例、心電図基準を満足する例を false positive とした。Sensitivity = true positive / true positive + false negative, spe-

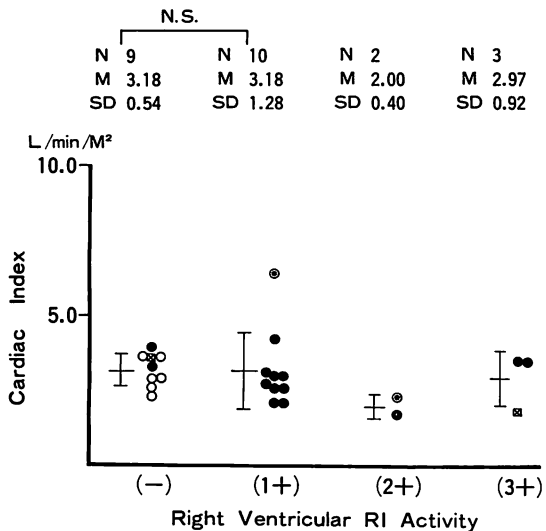


Fig. 6. Relationship between cardiac index and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

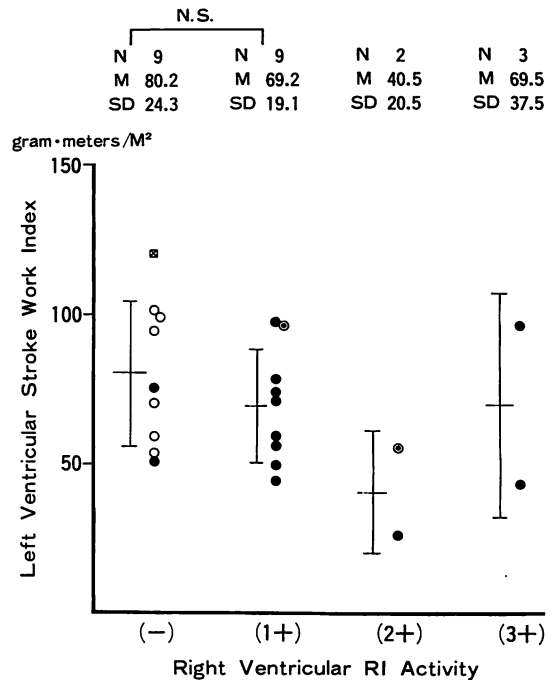


Fig. 8. Relationship between left ventricular stroke work index and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

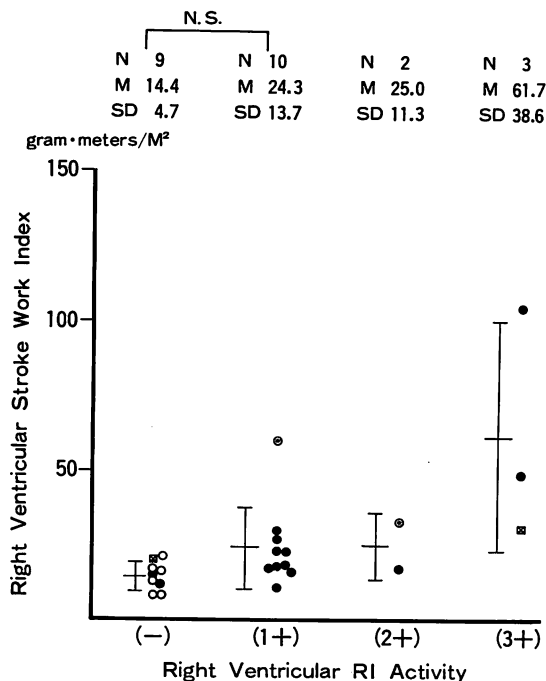


Fig. 7. Relationship between right ventricular stroke work index and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

cificity = true negative / true negative + false positive として求めた (Table 2). 心筋シンチグラムの右室圧負荷診断の鋭敏性は、心電図より高く 90.5% と最高値を示した。一方、特異性については、容量負荷による右室壁描出を false posi-

Table 2. Comparison of electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy with thallium-201 myocardial imaging in identifying right ventricular pressure overloading

	Sensitivity Rate	Specificity Rate
TI-201 Myocardial Imaging	90.5%	88.9% (66.7%)*
ECG Sokolow & Lyon	81.0%	41.7%
Roman, Walsh & Massie	66.7%	83.3%
Milnor	52.4%	83.3%
Myers, Klein & Stofer	33.3%	91.7%

* including RV volume overloadings

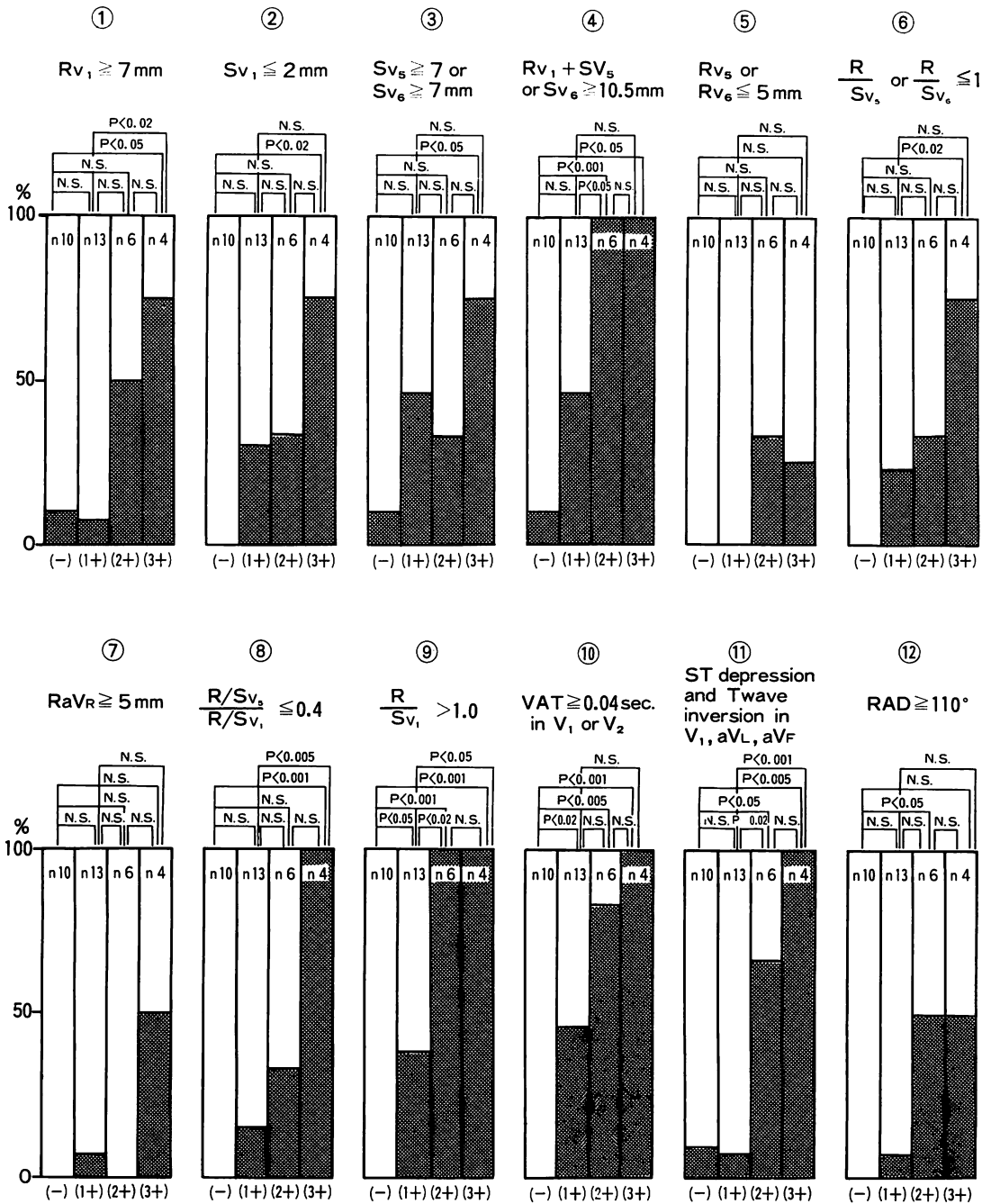


Fig. 9. Relationship between the criteria for the electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy (Sokolow and Lyon) and RV RI activity.

The percentage of patients with the criteria at each RV RI activity is presented within the bar graphs.

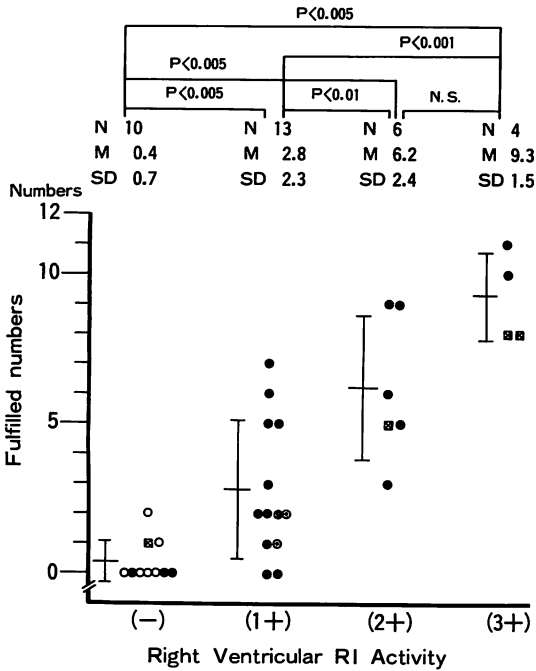


Fig. 10. Relationship between the fulfilled numbers of the criteria for the electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy (Sokolow and Lyon) and RV RI activity.

See Fig. 2 for abbreviations.

tive より除外すると 88.9% となったが、容量負荷例を含めれば 66.7% とやや低い値を示した。これに比し、心電図での右室圧負荷診断の鋭敏性は、多数の項目を有する Sokolow と Lyon¹⁾ が 81.0% と最も高いが、逆に特異性は 41.7% と極だつて低かつた。その他の心電図基準の鋭敏性については、Roman ら²⁾ の 66.7%, Milnor³⁾ の 52.4%, Myers ら⁴⁾ の 33.3% と低い診断率になつた。

4. 心筋シンチグラムおよび心電図による右室圧負荷および容量負荷の鑑別について

つぎに圧負荷例、容量負荷例のおのおのについて、心筋シンチグラムでの右室壁描出の有無と心電図の右室肥大基準を満足する率を対比検討した (Table 3)。なお、Sokolow と Lyon¹⁾ は、何項目以上満たせば右室肥大というはっきりした基準がないため除外した。右室圧負荷群においては、心筋シンチグラムによる右室壁描出は 82.4% と高いのに比べ、心電図基準は最も鋭敏な Roman ら²⁾ の基準でも 47.1% と満足する率は低かつた。一方、右室容量負荷群においては、シンチグラムによる右室壁描出は全例にみられ、心電図基準も

Table 3. Detectability of thallium-201 myocardial imaging and electrocardiography in right ventricular overloadings

Hemodynamic Group	Patients (no.)	TI-201 Myocardial Imaging Results		Electrocardiographic Results		
		RV RI Activity		Roman et al	Milnor	Myers et al
		(-)	(+)~(+++)			
Control	6	6(100%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
RV pressure overloadings	17	3(17.6%)	14(82.4%)	8(47.1%)	6(35.3%)	4(23.5%)
RV volume overloadings	6 [9]	0(0%) [1(11.1%)]*	6(100%) [8(88.9%)]*	5(83.3%)	5(83.3%)	1(16.7%) [2(22.2%)]*
RV pressure & volume overloadings	4	1(25%)	3(75%)	3(75.0%)	2(50.0%)	3(75.0%)

* including patients with CRBBB

最も鈍感な Myers ら⁴⁾の基準以外は 83.3% であった。

心電図による右室圧負荷および容量負荷の鑑別は、古典的な Cabrera¹⁰⁾の報告がある。我々の症例においてこれを検討してみると、圧負荷群、容量負荷群のどちらにおいても Cabrera ら¹⁰⁾の基準を満たす率は 30% 程度と検出率が低かった (Table 4)。完全右脚ブロック例を含めれば、右脚ブロックパターンは容量負荷例に多かったが、圧負荷の基準の $R_{V_1} \geq 7 \text{ mm}$ 、容量負荷の基準の不完全右脚ブロックは、必ずしも圧負荷例、容量負荷例のそれぞれに特徴的ではなかった。

一方、心筋シンチグラムは、圧負荷、容量負荷例において、それぞれ特徴あるイメージを示した (Fig. 11)。著明な圧負荷例では中隔が straight に描出され、正常者にみるような右室側への突出はなかった。これに比べ、容量負荷例では右室腔の拡張がみられ、左室腔は小さく、拡大した右室のため左上方へもち上げられたような位置関係を

Table 4. Detectability of right ventricular overloadings by Cabrera's criteria

Hemodynamic Group	Patients (no.)	Electrocardiographic Results	
		Cabrera et al Pressure Overloadings ($R_{V_1} \geq 7\text{mm}$)	Volume Overloadings (IRBBB)
Control	6	0 (0%)	0 (0%)
RV pressure overloadings	17	5 (29.4%)	5 (29.4%)
RV volume overloadings	6 [9]*	1 (16.7%)	2 (33.3%) [5(55.6%)]*
RV pressure & volume overloadings	4	2 (50.0%)	2 (50.0%)

* including patients with CRBBB

呈し、中隔は右室側へ凸の形態を示した。

4. 完全右脚ブロック例での右室負荷の程度の評価への応用

QRS が 0.12 秒以上の完全右脚ブロックにおい

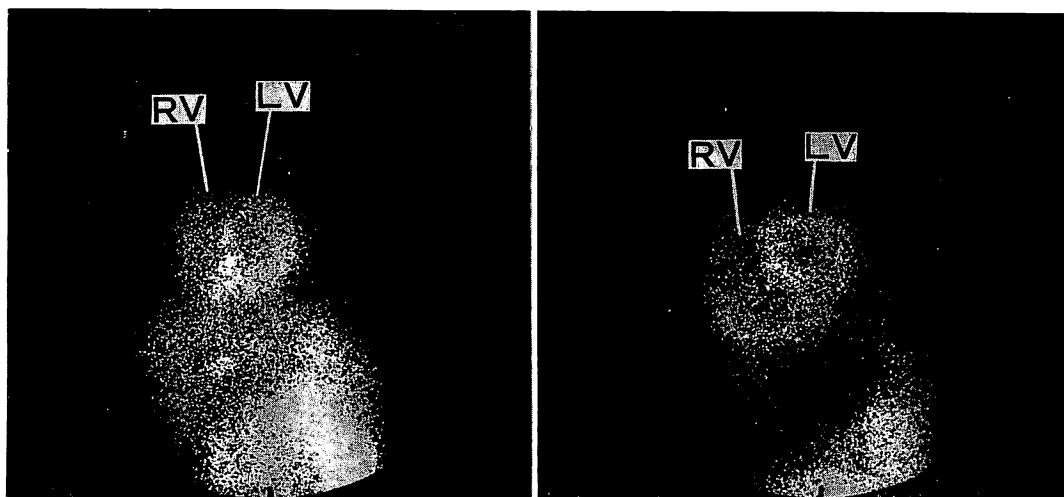


Fig. 11. Thallium-201 myocardial image, showing characteristic configurations of pressure and volume overloadings.

Left-panel: A case with pulmonic stenosis. Note the increase in concentration of tracer in the right ventricular free wall and almost straight interventricular septum.

Right-panel: A case with atrial septal defect. Note the marked dilatation of the right ventricle. The interventricular septum appears convex to the right ventricular cavity.

Name	Diagnosis	Age	Sex	Heart Rate	RVSP	RVEDP	PAMP	CI	TPVR	RVSWI	LVSWI	TI-201
				Rate	mmHg			L/min/M ²	dynes·sec·cm ⁻⁵	gram-meters/M ²		RV RI Activity
Y.S.	Ebstein's anomaly	29	M	67	16	5	9	3.1	134.8	7.0	78.5	(-)
F.S.	ASD	38	F	88	23	4	14	2.1	203.6	9.1	62.7	(+)
E.M.	ASD	59	F	84	60	10	35	—	—	—	—	(++)

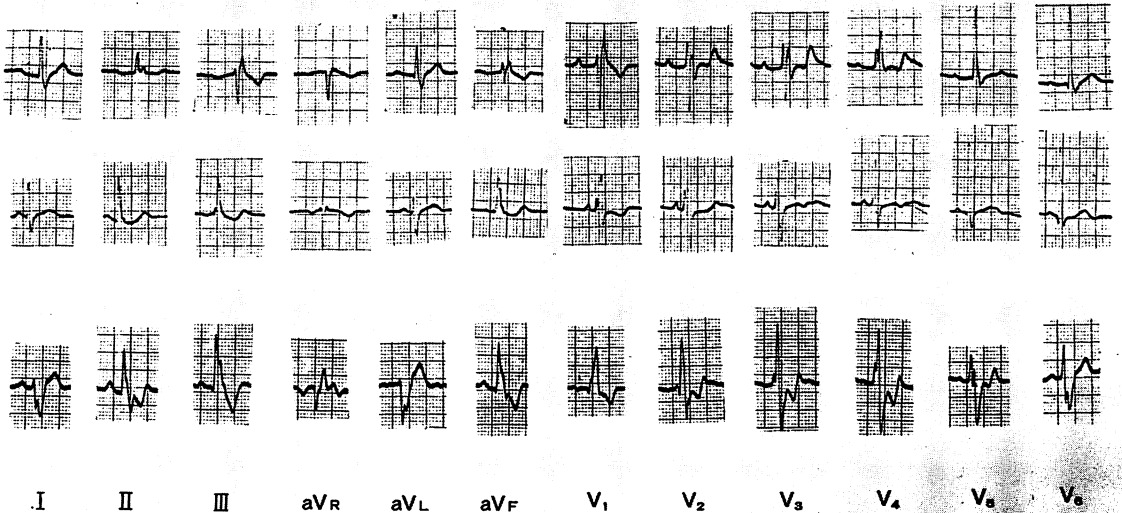


Fig. 12. Hemodynamic findings and results of thallium-201 myocardial imaging in three patients with complete right bundle branch block.

EKG tracings in patients Y. S., F. S. and E. M. from the top to the bottom.

RVSP: right ventricular systolic pressure, RVEDP: right ventricular end-diastolic pressure, PAMP: pulmonary arterial mean pressure, CI: cardiac index, TPVR: total pulmonary vascular resistance, RVSWI: right ventricular stroke work index, LVSWI: left ventricular stroke work index.

ては、伝導障害と肥大の鑑別が難しいことがよくある (Fig. 12). そこで、3例の完全右脚ブロックについてみると、RI activity (-) の RVSP は 16 mmHg, (1+) 例では 23 mmHg, (2+) 例では 60 mmHg となり、完全右脚ブロック例においても心筋シンチグラムは血行動態をよく反映した。

考 案

Thallium 201 は、主として冠血流量に比例して心筋内に取りこまれる⁵⁾。Thallium 201 を 2 mCi 静注し、シンチカメラで撮像する通常の

方法では、安静時には正常者の右室壁はほとんど描出されない。頻脈例では、時に右室壁も描出され、我々も 100/分以上の頻脈の一例で (1+) の右室壁描出を認めたことがある。症例数が少なく断言はできないが、安静時には右室壁の描出を認めない完全房室ブロックの例で、ペースメーカーにより 120/分の頻脈にしても background の減少をきたすのみで右室壁の描出はみられない¹¹⁾。しかし、今回の検討例では、100/分以上の頻脈例は一応除外している。Cook ら¹²⁾ は、運動負荷などによる心拍数の増加によって、右室自由壁の描出がみられた例を報告し、心仕事量増大に伴う酸素需

要の増加に対し冠血流量が増大したことや、background の RI activity の減少による contrast の増大などの可能性を述べている。成績 1 に示したように、心筋シンチグラムの右室自由壁の描出度と血行力学的指標、とくに右室圧負荷の指標との間には密接な関係が認められた。しかし、心房中隔欠損症で右室収縮期圧の上昇していない例でも右室自由壁は描出され、容量負荷による右室仕事量増大に伴う冠血流量の増加が、右室自由壁描出に関与していることも考えられる。

一方、成績 2 のように、Sokolow と Lyon の右室肥大の基準を満たす項目数の増加に伴い、右室壁描出が強まり、心筋シンチグラムの右室壁描出の程度は右室肥大の程度とも関連することが示唆された。

つぎに、右室圧負荷の診断には、成績 3 に示したごとく、心筋シンチグラムの方が心電図よりはるかに鋭敏であった。これに比し、心電図基準は Sokolow と Lyon を除いては鋭敏性が著しく低く、Sokolow と Lyon も他の心電図基準に比し特異性が著明に低かった。このような心筋シンチグラムと心電図の差異の理由としては、シンチグラムが右室負荷に対応する冠血流量の変化を反映しているのに対し、心電図基準は、病理学的な右室肥大に基づいてつくられたものであるということなどが推測される。

成績 4 から、右室圧負荷群においては心筋シンチグラムによる右室壁描出は著しく高いのに比し、心電図基準を満足する率は低いと言えるが、これは、対象例が一般に僧帽弁狭窄症例など右室圧負荷の程度が軽く、従来心電図基準を満足しないとされる疾患が多く、重症肺動脈弁狭窄症などが少なかったためと考えられる。一方、右室容量負荷群においては、シンチグラムによる右室壁描出は高く、心電図基準を満足する率も Myers ら⁴⁾の基準を除けば高かった。これは、軽症の容量負荷例がないためとも考えられる。しかし、心電図基準においては臨床的正常者における偽陽性率が問題で、Milnor の基準で 3.4%、Sokolow と Lyon

においては 17% と高値であるとの報告がある¹³⁾。さらに、心電図所見から右室の圧負荷および容量負荷を鑑別することは必ずしも容易でないが、心筋シンチグラムにおいては、右室腔および心室中隔の形態から両者を鑑別することが可能である。

QRS が 0.12 秒以上あり、右脚ブロックパターンを呈する例では、単なる完全右脚ブロックか、右室肥大が加わっているかの鑑別は難しいことがよくある。症例数は少ないが、成績 5 からこのような完全右脚ブロック例においても、右室の RI activity から血行動態を判定できることがわかった。今後の検討により、伝導障害を伴う例でも、肥大の有無の鑑別を容易に行うことができると考えられる。

最近、心エコー図による右室壁厚の測定、肺動脈弁エコーによる肺高血圧の程度の推定が行われているが¹⁴⁻¹⁶⁾、成人、とくに老人においては、肺気腫、肥満などにより満足すべき心エコー図が記録できないことも多く、シンチグラムはかような例にも応用できる利点を有している。

以上、右室負荷の非観血的診断法として、Thallium-201 心筋シンチグラムの有用性について検討、報告した。

文 献

- 1) Sokolow M, Lyon TP: The ventricular complex in right ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Amer Heart J* 38: 273-294, 1949
- 2) Roman GT Jr, Walsh TJ, Massie E: Right ventricular hypertrophy. Correlation of electrocardiographic and anatomic findings. *Amer J Cardiol* 7: 481-487, 1961
- 3) Milnor WR: Electrocardiogram and vectorcardiogram in right ventricular hypertrophy and right bundle branch block. *Circulation* 16: 348-367, 1957
- 4) Myers GB, Klein HA, Stofer BE: The electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy. *Amer Heart J* 35: 1-40, 1948
- 5) 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: 641-645, 1975

- 6) Hamilton GW, Trobarrgh GB, Ritchie JL, Williams DL, Weaver WD, Gould KL: Myocardial imaging with intravenously injected thallium-201 in patients with suspected coronary artery diseases. Analysis of technique and correlation with electrocardiographic, coronary anatomic and ventriculographic findings. *Amer J Cardiol* **39**: 347-354, 1977
- 7) 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**: 790-795, 1976
- 8) 近藤 誠, 山崎 元, 大鈴文孝, 半田俊之介, 久保敦司, 正木英一, 秋月哲史, 綾部隆夫, 中村芳郎: Thallium-201 心筋シンチグラムによる右室負荷疾患の評価. 殊に血行動態との関連について. *心臓* **9**: 471-476, 1977
- 9) 半田俊之介, 大鈴文孝, 継 健, 近藤 誠, 久保敦司, 兼本成斌, 笹本 浩: Thallium-201 心筋シンチグラムによる右室圧負荷の評価. 昭和 52 年度原発性肺高血圧症業績集: 193-197, 1977
- 10) Cabrera EC, Monroy JR: Systolic and diastolic loading of the heart. II. *Amer Heart J* **43**: 669-686, 1952
- 11) 未発表データ
- 12) Cook DJ, Bailey I, Strauss HW, Rouleau J, Wagner HN Jr, Pitt B: Thallium-201 for myocardial imaging. Appearance of the normal heart. *J Nucl Med* **17**: 583-589, 1976
- 13) 森 博愛: 心電図とベクトル心電図. 金原出版, 東京, 1971, p 197-198
- 14) Matsukubo H, Matsuura T, Endo N, Asayama J, Watanabe T, Furukawa K, Kunishige H, Katsume H, Ijichi H: Echocardiographic measurement of right ventricular wall thickness. A new application of subxiphoid echocardiography. *Circulation* **56**: 278-284, 1977
- 15) Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shah PM: Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. *Circulation* **50**: 575-581, 1974
- 16) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: Echocardiographic patterns of pulmonary valve motion with pulmonary hypertension. *Circulation* **50**: 905-910, 1974