信州医誌，35(3)：291～308，1987

Thallium-201 心筋シンチグラフィーによる慢性肺性心の診断に関する研究

平　山　二　郎
信州大学医学部第1内科学教室
（主任：草間昌三教授）

Clinical Usefulness of Thallium-201 Myocardial Scintigraphy for the Diagnosis of Chronic Cor Pulmonale

Jiro HIRAYAMA
Department of Internal Medicine, Shinshu University School of Medicine
(Director : Prof. Shozo KUSAMA)

In order to evaluate right ventricular overloading(RVO) and hypertrophy, thallium-201 myocardial scintigraphy applying a new quantitative method was performed on 17 patients with chronic respiratory diseases, 13 autopsy cases and 30 normal subjects. Thallium-201 uptake ratio of left and right ventricular myocardium to the administered dose (LT, RT) were measured scintigraphically, and RT and LT/RT ratio were compared with pulmonary hemodynamic findings and with heart weight measured at autopsy.

Mean pulmonary arterial pressure (MPAP) in 17 patients was significantly correlated both with RT ($r=0.78$, $p<0.001$) and with LT/RT ratio ($r=-0.87$, $p<0.001$). Based on the results of investigations on 30 normal subjects, these patients could be divided into two groups as follows : RVO group (RT≧1.1 and/or LT/RT≦2.7) and non-RVO group (RT<1.1 and LT/RT>2.7). The patients in the RVO group showed a significantly higher MPAP than those in the non-RVO group ($p<0.01$). The efficiency of this method for the diagnosis of pulmonary hypertension (MPAP ≧20 mmHg) was eighty-eight percent. In addition, there were significant correlations between RT and the weight of right cardiac mass ($r=0.97$, $p<0.001$) as well as between LT/RT ratio and the ratio of the weight of left to right cardiac mass ($r=0.94$, $p<0.001$) in 13 autopsy cases.

Thallium-201 myocardial scintigraphy using this quantitative method may be useful for the estimation of right ventricular overloading and hypertrophy in chronic respiratory diseases.
Shinshu Med. J., 35 : 291—308, 1987

(Received for publication October 13, 1986)

Key words : thallium-201 myocardial scintigraphy, chronic cor pulmonale, right ventricular hypertrophy, right ventricular overloading, pulmonary hypertension
タリウム-201心筋シンチグラフィー，慢性肺性心，右室肥大，右室負荷，肺高血圧症

I 緒　　言

近年，平均寿命の延長や大気汚染などにより慢性肺気腫，慢性気管支炎患者の増加がみられ，また，各種抗結核剤の開発により重篤な肺機能障害を残存した肺結核症患者も少なくない。これらの患者では肺血管床の器質的減少あるいは低酸素血症やアシドーシスによる肺血管の収縮，さらに二次性の多血症などが加わり肺血管抵抗の増加，ひいては肺高血圧症をきたし，終局的には慢性肺性心に進展し[1]不幸な転帰をとることが多い。

肺高血圧症や肺性心に対する治療法は低流量酸素療法[2]，肺血管拡張剤の開発[3)4]，および肺理学療法の普及など最近目ざましく進歩してきているが，それらの効果は高度進展例に対してはほとんどみられない。これらの治療法による効果を向上させ，予後の改善をはかるためには右心・肺循環系病態を早期から的確に把握することが肝要である。

従来，慢性肺性心の定義としては1963年の WHO expert committee による病理解剖学的右室肥大[5]が用いられてきた。しかし，肺性心の右室肥大は左心系疾患や先天性心疾患のそれに比し程度が軽く，慢性閉塞性肺疾患などでは明瞭な右室肥大所見の発現に先だって右心不全症状が出現する例の多いことが明らかにされるにつれて，右室肥大にかえて右室拡大（右室拡張および，または肥大）という用語[1)6)7]が用いられるようになってきている。NYHAの基準委員会(1979)は肺性心の診断基準を〝一次性に肺・肺血管または肺内ガス交換を障害し，肺高血圧をきたす疾患過程をもち，右室拡大または右心不全がおこるもの〟[8]としており，従来の右室肥大より肺高血圧症，右室拡大が臨床的に重視されるようになってきている。

しかし，慢性呼吸器疾患に由来する肺高血圧症や右室拡大を臨床的に診断することは必ずしも容易ではない。右心カテーテル法は肺動脈圧を含む肺循環諸量を直接測定できるが，観血的検査法であるため全対象に施行し得る検査法ではなく，また，繰り返し行い難い欠点を有している。非観血的検査法として，従来，胸部X線写真[9)10]，心電図[11)-13]，ベクトル心電図[14]，心エコー図法[15)16]などが用いられてきたが，それらの診断精度は必ずしも満足すべきものとはいい難い。

最近，虚血性心疾患の診断を中心に幅広く臨床応用がなされてきた Thallium-201 心筋シンチグラフィー（以下 Tl シンチ）[17)18]は Cohen らの報告[19]以来右室負荷の診断に関しても その有用性が示されてきた[20)-24]。しかし，それらの報告の大部分は先天性心疾患や左心系疾患に基づく右室負荷に関するものであり，呼吸器疾患由来の肺高血圧症や右室肥大についての報告[25)-27]は少なく，しかも，右室描出度を視覚的に判定した定性的方法によるもの[26)27]がほとんどであった。

今回，著者は慢性呼吸器疾患に由来する肺高血圧症あるいは右室肥大の診断における Tl シンチの有用性を検討する目的で，Thallium-201 (^{201}Tl) の全投与量に対する右室自由壁（右室壁）および左室自由壁＋心室中隔（左室壁）の摂取率を算出し，右室摂取率と左室摂取率／右室摂取率を右室負荷の指標として，主として右心カテーテル検査より得た肺循環諸量との対比を行った。さらに，剖検心における心筋重量および心電図右室肥大基準とも対比検討し，本法の有用性と妥当性を認めたので報告する。

II 方　　法

A Thallium-201 心筋シンチグラフィー

放射性医薬品は ^{201}Thallium chloride（ダイナボット社製）を用い，シンチカメラは東芝製 GCA401 に低エネルギー用高感度平行孔コリメーターを装着して使用した。情報処理装置はミニコンピューターシステム（TEAC, T16）をシンチカメラにオンラインで接続して使用した。撮像条件はエネルギーおよびウインド幅を 80keV±20% とした。

被検者を安静仰臥位とし，シンチカメラを左前斜位 (left anterior oblique, LAO) 30°の方向でその視野に心肺全体が入るように固定した。^{201}Tl 2~3mCi を右肘静脈より bolus として急速注入し，2秒間隔で20～40秒間の angiocardiogram を収録した。約10分後より同一体位の LAO 30°像，LAO 45°ないし LAO 60°像，左側面像，前面像をそれぞれ120秒間収録した。なお，各画像は64×64マトリックスサイズのフレームモードで収録したあと，9点スムージングを行うとともに1画素ごとの統計変動を少なくするために4画素ごとの平均値をとり，マトリックスサイズを32×32とした。

1　^{201}Tl 全投与量の測定法

静注された ^{201}Tl は右心系，肺，左心系を経て大動脈にいたるが，この中心循環系の初回通過時には全投与量がコリメーターの視野に含まれる。そこで，石井らの方法[28]に準じて Tl シンチの angiocardiogram における各フレームのカウントを測定し，そのうちの

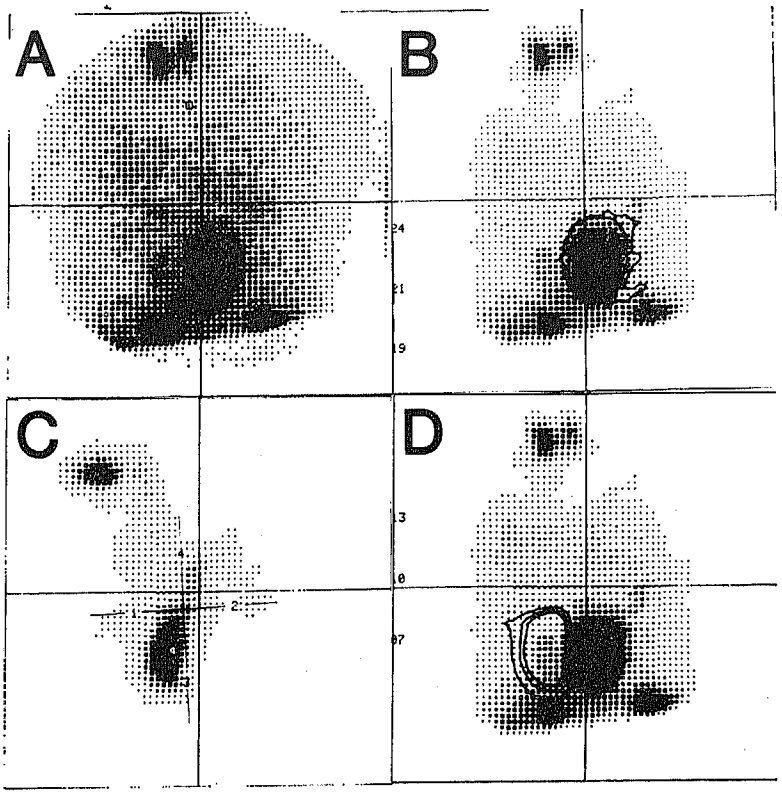

Fig. 1 Quantitative method of right and left ventricular radioactivity in thallium-201 myocardial scintigraphy. (A) Original image in the 30° left anterior oblique projection. (B) Region of interest (ROI) over the left ventricle in the residual image after subtracting the background. (C) Radionuclide angiocardiogram showing right ventricle. (D) ROI over the right ventricle detected by angiocardiogram.
This patient is a 39 year-old male with chronic obstructive pulmonary disease (Table 1, No. 9).

最高値を全投与量（T）とした。

2　バックグラウンドの除去

オリジナルの LAO 30° 像において上縦隔に大きさ9画素，矩形の関心領域（region of interest, ROI）を設定し（Fig. 1-A），この1画素あたりの平均カウントを全画素からサブトラクトしてバックグラウンドを除去した画像 LAO 30°（x, y）（Fig. 1-B, D）を求めた。

3　左室壁の ^{201}Tl 摂取率の測定

LAO 30°（x, y）像において肝，肺，右室壁など左室壁以外の ^{201}Tl 集積部を除くために，左室壁を十分に含む正円形の ROI を設定した。その ROI 内で ^{201}Tl の最高カウントに対して50％の等カウント点を結んだ線を左室壁の輪郭とし，この輪郭内のカウントを左室集積量（L）とした。L/T を ^{201}Tl 左室摂取率（LT）とした（Fig. 1-B）。

4　右室壁の ^{201}Tl 摂取率の測定

右室壁の ROI の設定には Tl シンチの angiocardiogram で，右室が描出されている画像を用いた。Fig. 1-C のごとく，上大静脈と右房・右室および肺動脈主幹部と右室流出路の境界を直線 1-2 で指定し，右房・右室より上部の集積部を除去した。次に，右室壁と心室中隔を分ける直線 3-4 を指定し，右室壁より左側の集積部を除去した。LAO 30°（x, y）像に上記 angiocardiogram 像で最高カウントの 30％の等カウント点を結んだ線図形を重ね合わせ（Fig. 1-D），こ

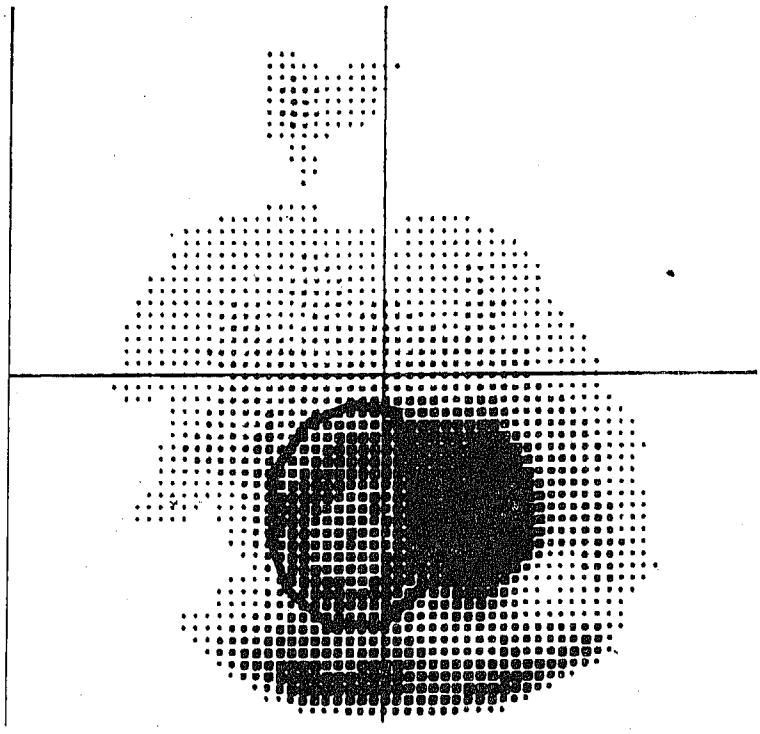

Fig. 2 Right ventricle is markedly visualized in the 45° left anterior oblique view in this 42 year-old male with pulmonary tuberculosis (Table 1, No. 2). ROI over the right ventricle was superimposed using cursor on the residual image.

の輪郭内のカウントを右室集積量（R）とし，R/T を右室摂取率（RT）とした。なお，心臓の回転により LAO 30° の静止像では左右心室が良好に分離されない場合や右室壁が明瞭に描出されている場合には Fig. 2 のごとく，LAO 45° あるいは LAO 60° 像において右室壁を十分に含み，かつ，右室壁以外の集積部を可及的に除くように任意の本数の直線で ROI を設定し，その輪郭内のカウント（R）を算出し R/T を求めた。

B 右心カテーテル法

右心カテーテル検査は Tl シンチ施行前後平均19日で施行した。肺循環動態諸標のうち平均肺動脈圧（mean pulmonary arterial pressure, MPAP），右室収縮期圧（right ventricular systolic pressure, RVSP），全肺血管抵抗（total pulmonary vascular resistance, TPVR）および心係数（cardiac index, CI）を取りあげて，これらと RT, LT/RT とを比較検討した。なお，心拍出量は thermodilution 法にて測定し，TPVR[29]，CI は次の式で求めた。

$$全肺血管抵抗=\frac{平均肺動脈圧\times 80}{心拍出量}\ (dynes\cdot sec/cm^5)$$

$$心係数=\frac{心拍出量}{体表面積}\ (1/min/m^2)$$

C 剖検心における心筋重量の測定

剖検心を10%ホルマリン固定後，Fulton ら[30]の方法に準じて房室溝で心房と弁を心室から分離し，右室自由壁が心室中隔と鋭角をなして交わる面で切離して右室自由壁と左室自由壁＋心室中隔との２つに分けた。心外膜下脂肪組織および冠動脈を十分に除去したあと，それぞれの重量を測定した。ホルマリン固定による心筋重量の減少を考慮して，細田[31]の方法にしたがい右室の減少率は全身重量減少率そのものを，左室の減少率は全心重量減少率×0.6を用いて補正を行った。Tl シンチ施行日より剖検日までの間隔は43日から400日まで平均157日であった。補正後の右室自由壁重量（weight of right ventricular free wall）および左室自由壁＋心室中隔の重量（weight of left ventri-

cular free wall plus ventricular septum）をそれぞれ RV, LV+S とし，RT, LT との相関を検討した。

D　心電図による右室肥大判定基準

心電図による右室肥大判定基準としては，WHO[5]，笹本[32]，Roman ら[33]，Milnor[34] の基準を用い，おのおのの基準による肺高血圧症の診断率を検討した。

1　WHO の右室肥大基準

V_{3R}, V_1 の qR pattern があれば確実な右室肥大とする。上記所見が認められないときは下記の3項目のうち2項目以上みたすものを右室肥大とする。

① V_5 の R/S<1

② 著明な S_I

③ 不完全右脚ブロック

2　笹本の右室肥大基準

① 前額面の平均電気軸≧+100°

② V_5 または V_6 の R/S≦1，V_5 または V_6 の S≧0.7mV　同時に満足すること

①および②のいずれか1つをみたすか，または両者をみたすものを右室肥大とする。

3　Roman の右室肥大基準

① 前額面の平均電気軸≧+110°

② V_1 の R/S>1.0

③ V_6 の R/S≦1.0

以上のうち1項目をみたすものを suspect とする。2項目以上みたすものを右室肥大とする。

4　Milnor の右室肥大基準

① QRS 時間<0.12秒

② 前額面平均電気軸が +110° から +180° または −90°から±180°

③ Rv_1 または $R'v_1$≧0.5mV で R/Sv_1 または R'/Sv_1≧1

以上のうち①項を含む2項目以上を満たすものを右室肥大とする。

E　肺高血圧症および右室肥大の診断率

心電図右室肥大基準と Tl シンチによる肺高血圧症診断および Tl シンチによる右室肥大診断に対する鋭敏性（sensitivity），特異性（specificity），信頼性（efficiency），偽陽性率（false positive），偽陰性率（false negative）をそれぞれ次の式で求めた。

$$鋭敏性=\frac{陽性例}{陽性例+偽陰性例}\times 100$$

$$特異性=\frac{陰性例}{陰性例+偽陽性例}\times 100$$

$$信頼性=\frac{陽性例+陰性例}{陽性例+陰性例+偽陽性例+偽陰性例}\times 100$$

$$偽陽性率=\frac{偽陽性例}{陽性例+偽陽性例}\times 100$$

$$偽陰性率=\frac{偽陰性例}{陰性例+偽陰性例}\times 100$$

F　その他

肺換気機能は GODART 社製 expirograph または Chest 社製 HI-498 を用い，血液ガス分析は信興交易社製 ABL 2 を用いて測定した。

なお，統計的数値は mean±SD で示し，統計解析には Student's t test を用い，危険率5％以下を有意と判定した。

III　対　　象

対象は信州大学第1内科で Tl シンチを施行した60例でそれらを3群に分けた。第1群は右心カテーテル検査を行った慢性呼吸器疾患17例（男性12例，女性5例）で年齢は54.5±14.2歳であり，疾患別内訳は慢性閉塞性肺疾患8例，肺結核症4例などである（Table 1）。第2群は剖検にて心筋重量を測定できた13例（男性11例，女性2例）で年齢は63.7±12.3歳であり，疾患別内訳は原発性肺癌9例，慢性閉塞性肺疾患2例などである（Table 2）。第3群は心肺疾患を有さない健常対照群30例（男性17例，女性13例）で年齢は52.0±15.9歳であり（Table 3），RT および LT/RT の正常値設定のために用いた。この群における spirogram の値は％VC 97.8±15.1％，FEV1.0％ 80.6±6.0％，動脈血ガス分析値は pH 7.414±0.032，$PaCO_2$ 37.8±2.8mmHg，PaO_2 84.7±7.7mmHg，O_2 saturation 95.3±0.9％と全例正常範囲にあり，心電図上でも左右心肥大所見等の異常所見を認めなかった。Tl シンチでも右室壁は描出されず，RTは 0.5〜1.1％ 平均 0.79±0.14％，LT/RT は 2.78~4.14 平均3.49±0.38 であった。RT，LT/RT の正常範囲をM±2SD とすると，0.51<RT<1.07，2.73<LT/RT<4.25 となる。以上より，RT≧1.1％および，または LT/RT≦2.7 を右室負荷（right ventricular overloading，RVO）群として以下の検討を行った。

IV　成　　績

Table 4 に第1群の慢性呼吸器疾患17症例における右心カテーテル検査より得た肺循環動態諸量，Tl シンチより得た RT，LT/RT および両検査施行日の間隔を示した。Table 2 には第2群の剖検13例における

Table 1 Characteristics of 17 patients with chronic respiratory diseases

No	Age (yr)	Sex	Clinical diagnosis	Spirogram		Blood gass analysis				Blood	
				%VC (%)	FEV 1.0% (%)	pH	$PaCO_2$ (mmHg)	PaO_2 (mmHg)	$O_2Sat.$ (%)	RBC ($\times 10^4/mm^3$)	Ht (%)
1	69	M	COPD	83.5	50.0	7.378	40.6	47.0	81.4	600	55.5
2	42	M	Pulmonary tuberculosis	34.0	60.0	7.395	48.2	59.5	89.0	547	49.8
3	62	F	COPD	57.2	34.1	7.414	53.6	46.9	82.8	527	49.6
4	41	M	Pickwickian syndrome	66.3	79.1	7.362	52.6	55.5	86.6	726	59.8
5	68	M	COPD	89.5	35.5	7.401	40.3	73.1	93.3	547	49.6
6	70	M	Pulmonary tuberculosis	—	—	7.421	—	55.7	88.3	379	33.1
7	53	M	Pulmonary tuberculosis	—	—	7.379	47.5	56.9	87.8	557	44.5
8	52	F	COPD	58.3	52.9	7.386	37.4	58.1	88.3	417	38.2
9	39	M	COPD	60.4	44.2	7.404	38.6	66.3	89.4	460	39.9
10	52	M	COPD	61.0	52.3	7.392	39.8	59.5	88.9	494	45.6
11	86	M	COPD	—	—	7.404	49.1	79.4	94.5	497	40.7
12	62	M	COPD	65.7	48.2	7.332	48.7	73.2	91.9	471	43.2
13	22	M	Pulmonary infarction	84.0	78.0	7.407	41.2	74.1	94.6	461	41.1
14	50	M	Pulmonary tuberculosis	—	—	7.435	36.7	75.5	94.5	486	44.7
15	49	F	Pulmonary infarction	113.7	80.4	7.391	37.3	79.9	94.6	433	40.2
16	57	F	Pulmonary sequestration	109.5	71.6	7.449	—	85.0	95.9	470	39.2
17	53	F	Sarcoidosis	131.3	79.8	7.400	40.6	76.2	94.1	453	38.8

Abbreviations : %VC=percent vital capacity ; FEV 1.0%=forced expiratory volume one second percent ; $PaCO_2$=systemic arterial CO_2 tension ; PaO_2=systemic arterial O_2 tension ; O_2Sat=O_2 saturation ; RBC=red blood cell ; Ht=hematocrit ; COPD =chronic obstructive pulmonary disease.

Table 2 Clinical diagnosis, weight of cardiac mass and thallium-201 scintigraphic findings in 13 patients with various respiratory diseases

No	Age (yr)	Sex	Clinical diagnosis	Weight of cardiac mass			Tl-201 scan			Interval (days)
				RV	LV+S	(LV+S)/RV	RT	LT	LT/RT	
1	65	M	COPD	95.0	189.0	1.99	2.5	4.9	1.96	134
2	73	M	Lung cancer	64.5	145.5	2.26	1.5	3.5	2.33	233
3	70	M	Lung cancer	54.5	138.0	2.53	1.2	3.0	2.50	75
4	49	M	Malignant lymphoma	51.0	133.0	2.61	1.2	3.1	2.58	43
5	73	F	Lung cancer	44.0	136.0	3.09	0.7	2.6	3.71	74
6	58	F	Lung cancer	42.5	99.5	2.34	0.9	2.5	2.78	275
7	59	M	Lung cancer	41.0	140.5	3.39	0.8	2.7	3.38	221
8	53	M	Metastatic lung tumor	40.0	115.0	2.88	1.0	3.3	3.30	223
9	35	M	Lung cancer	34.5	104.5	3.03	0.6	2.0	3.33	400
10	76	M	Lung cancer	31.5	108.5	3.44	0.7	2.8	4.00	81
11	70	M	COPD	38.5	136.5	3.55	0.7	2.8	4.00	127
12	71	M	Lung cancer	32.0	97.5	3.05	0.8	2.7	3.38	90
13	76	M	Lung cancer	39.5	175.0	4.43	0.8	3.6	4.50	65

Abbreviations : RV=right ventricular free wall (g) ; LV=left ventricular free wall (g) ; S=ventricular septum (g) ; RT=uptake ratio of right ventricular myocardium to administered dose (%) ; LT=uptake ratio of left ventricular myocardium to administered dose (%) ; COPD=see table 1.

Table 3 Age, sex, data of spirogram and blood gass analysis in normal subjects

No	Age (yr)	Sex	Spirogram		Blood gass analysis				Tl-201 scan	
			%VC (%)	FEV1.0% (%)	pH	$PaCO_2$ (mmHg)	PaO_2 (mmHg)	O_2 Sat. (%)	RT (%)	LT/RT
1	51	M	103.7	72.0	7.428	33.8	76.9	96.5	0.8	3.50
2	66	M	88.1	73.2	7.439	36.5	76.7	94.5	0.9	3.44
3	47	F	102.3	75.6	7.450	38.2	81.1	95.3	0.8	3.38
4	48	M	117.2	80.9	7.412	33.4	92.0	96.2	0.7	4.00
5	33	F	92.5	96.3	7.389	40.0	81.8	94.9	0.8	2.88
6	24	M	122.2	75.2	7.418	38.0	79.6	94.9	0.6	4.14
7	83	M	87.8	72.6	7.402	37.4	76.6	94.1	0.9	3.33
8	71	M	88.0	74.0	7.465	37.6	83.4	95.9	0.8	3.38
9	59	M	92.6	85.0	7.422	34.6	99.1	96.8	0.5	4.00
10	34	M	100.0	79.0	7.418	36.0	92.1	96.2	0.7	3.71
11	20	M	120.5	80.1	7.461	36.6	83.6	95.9	1.1	3.09
12	53	F	131.3	79.8	7.400	40.6	76.2	94.1	0.6	3.50
13	39	M	101.0	73.0	7.383	43.6	81.9	94.5	0.8	3.88
14	39	M	107.0	88.0	7.403	37.6	82.5	95.2	0.8	3.50
15	55	M	94.0	87.0	7.354	38.9	84.9	94.9	0.6	4.00
16	39	F	91.7	85.7	7.372	39.9	94.9	96.2	0.9	2.78
17	48	F	113.7	80.4	7.391	37.3	79.9	95.1	0.8	3.25
18	58	M	81.8	77.8	7.463	40.5	82.3	95.2	1.0	3.00
19	58	F	120.2	76.3	7.389	39.0	82.5	94.9	1.0	2.90
20	63	F	89.9	84.5	7.429	36.9	82.0	95.2	0.6	3.67
21	72	F	97.6	75.7	7.449	36.5	79.3	95.2	0.8	3.63
22	75	M	81.5	76.1	7.428	33.1	85.9	95.6	0.8	3.88
23	62	M	84.2	75.1	7.370	41.1	83.6	94.9	0.9	3.33
24	44	F	109.8	80.5	7.440	35.3	98.4	97.1	0.8	3.38
25	68	F	82.5	79.1	7.481	44.7	76.7	93.7	1.0	3.60
26	23	M	108.6	90.8	7.393	40.9	93.3	96.2	0.7	3.57
27	69	M	83.7	86.9	7.400	35.1	76.1	94.1	0.7	4.14
28	48	F	86.2	84.5	7.385	36.1	92.5	95.9	0.6	3.33
29	58	F	88.0	79.0	7.370	39.7	94.8	96.8	0.8	3.38
30	52	F	86.8	85.0	7.409	34.8	79.2	94.5	0.9	3.00

Abbreviations : %VC, FEV1.0%, $PaCO_2$, PaO_2, O_2 Sat. =see table 1 ; RT, LT=see table 2.

Table 4 Hemodynamic findings and thallium-201 scintigraphic findings in 17 patients with chronic respiratory diseases

No	Age (yr)	Sex	Clinical diagnosis	Hemodynamic findings				Tl-201 scan		Interval (days)
				MPAP	RVSP	TPVR	CI	RT	LT/RT	
1	69	M	COPD	53	75	955	2.85	2.0	1.60	34
2	42	M	Pulmonary tuberculosis	34	39	545	3.08	1.9	1.84	76
3	62	F	COPD	50	57	736	3.69	1.2	2.00	1
4	41	M	Pickwickian syndrome	37	53	447	3.66	1.2	1.92	31
5	68	M	COPD	29	33	435	3.42	1.6	1.69	28
6	70	M	Pulmonary tuberculosis	26	44	389	3.76	1.5	2.20	16
7	53	M	Pulmonary tuberculosis	21	32	254	4.01	1.1	2.64	1
8	52	F	COPD	19	36	238	4.90	0.9	2.78	14
9	39	M	COPD	17	20	222	4.35	1.0	2.40	1
10	52	M	COPD	16	29	199	4.25	0.9	3.11	13
11	86	M	COPD	16	20	339	2.55	1.1	3.00	1
12	62	M	COPD	13	17	176	3.92	0.8	3.63	8
13	22	M	Pulmonary infarction	12	24	135	3.62	1.0	3.10	8
14	50	M	Pulmonary tuberculosis	11	25	158	4.01	0.9	3.56	32
15	49	F	Pulmonary infarction	9	20	120	4.51	0.6	3.50	50
16	57	F	Pulmonary sequestration	8	16	133	3.24	0.8	3.75	4
17	53	F	Sarcoidosis	9	15	133	3.93	0.6	3.50	8

Abbreviations : MPAP=mean pulmonary arterial pressure (mmHg) ; RVSP=right ventricular systolic pressure (mmHg) ; TRVR= total pulmonary vascular resistance (dynes·sec/cm^5) ; CI= cardiac index (1/min/m^2) ; RT, LT=see table 2 ; COPD=see table 1.

Table 5 Detectability of ECG and thallium-201 myocardial scintigraphy in pulmonary hypertension

No	MPAP (mmHg)	WHO	Sasamoto	Roman	Milnor	Tl-201 scan	RHF
1	53	+	+	+	+	+	+
2	34	+	+	+	+	+	+
3	50	−	−	−	−	+	+
4	37	−	+	−	−	+	+
5	29	+	+	susp.	−	+	+
6	26	−	−	−	−	+	−
7	21	−	−	−	−	+	+
8	19	−	−	−	−	−	−
9	17	−	−	−	−	+	−
10	16	−	−	−	−	−	−
11	16	−	−	−	−	+	+
12	13	−	−	−	−	−	−
13	12	−	−	−	−	−	−
14	11	−	−	−	−	−	−
15	9	−	−	−	−	−	−
16	8	−	−	−	−	−	−
17	9	−	+	−	−	−	−
Sensitivity (%)		42.9	57.1	42.9	28.6	100.0	
Specificity (%)		100.0	90.0	100.0	100.0	80.0	
Efficiency (%)		76.5	76.5	76.5	70.5	88.2	
False positive (%)		0	20.0	0	0	22.2	
False negative (%)		28.5	25.0	28.5	30.0	0	

Abbreviations : MPAP=see table 4 ; RHF=right ventricular failure.

左右心筋重量，RT，LT，LT/RT および Tl シンチ施行日から剖検日までの間隔を示した。

A ^{201}Tl 心筋摂取率と肺循環動態諸標との関係

RT と MPAP，RVSP，TPVR および CI との関係は Fig. 3 のごとく，相関係数はそれぞれ0.787，0.740，0.829，−0.586であり，前3者では危険率 0.1％以下で正相関を CI は危険率2％以下で負の相関を認めた。LT/RT と MPAP，RVSP，TPVR および CI との関係は Fig. 4 のごとく相関係数は，それぞれ−0.875，−0.800，−0.825，0.320 であり，前3者では危険率 0.1％以下で負の相関を認めたが，CI は相関を認めなかった。以上の結果より，右室負荷の指標である RT が高値あるいは LT/RT が低値になるにしたがって肺循環動態諸標は悪化する傾向すなわち肺循環障害の程度が進展することが示され，RT あるいは LT/RT の測定により非観血的に肺循環障害の程度を推測し得る可能性が示唆された。

つぎに，RT および LT/RT の正常値を基に定めた RVO 群と非 RVO 群という分類が妥当かどうかを検討するために，17症例を2群に大別し両者間における肺循環動態諸量の有意差の検定を行った。17症例中 RVO 群は9例，非 RVO 群は8例であり MPAP は前者が 31.4±13.4mmHg，後者が 12.1±3.8mmHg，RVSP は 41.4±18.0mmHg，22.8±7.2mmHg，TPVR は 480±236 dynes·sec/cm^5，162±41 dynes·sec/cm^5 と MPAP と TPVR は危険率1％

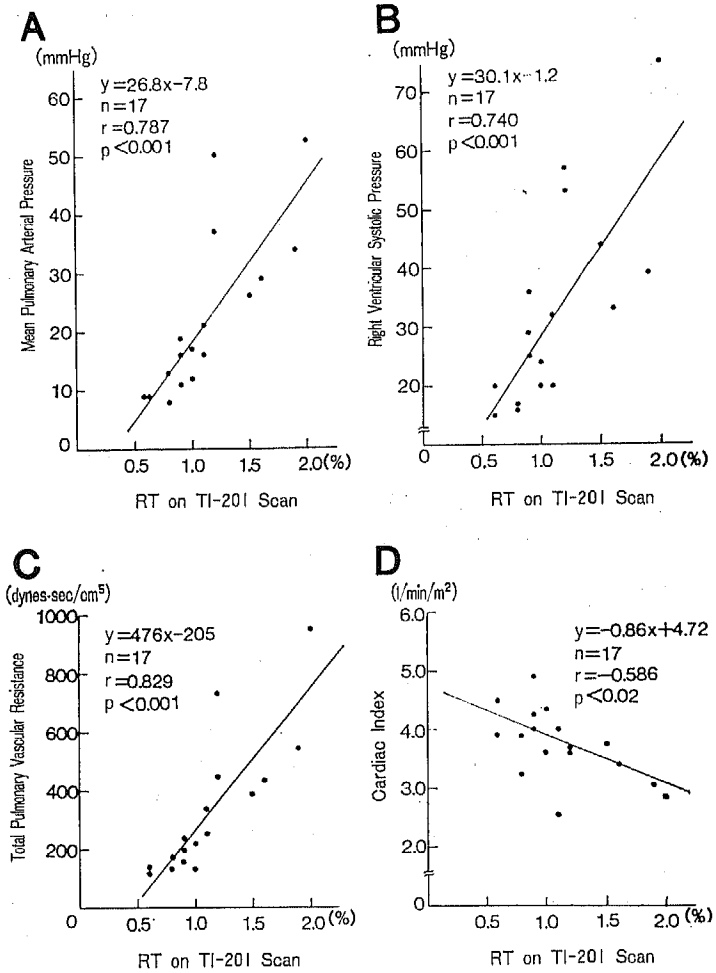

Fig. 3 Relationship between Tl-201 uptake ratio of right ventricle and hemodynamic findings. (A) Mean pulmonary arterial pressure ; (B) right ventricular systolic pressure ; (C) total pulmonary vascular resistance ; (D) cardiac index.

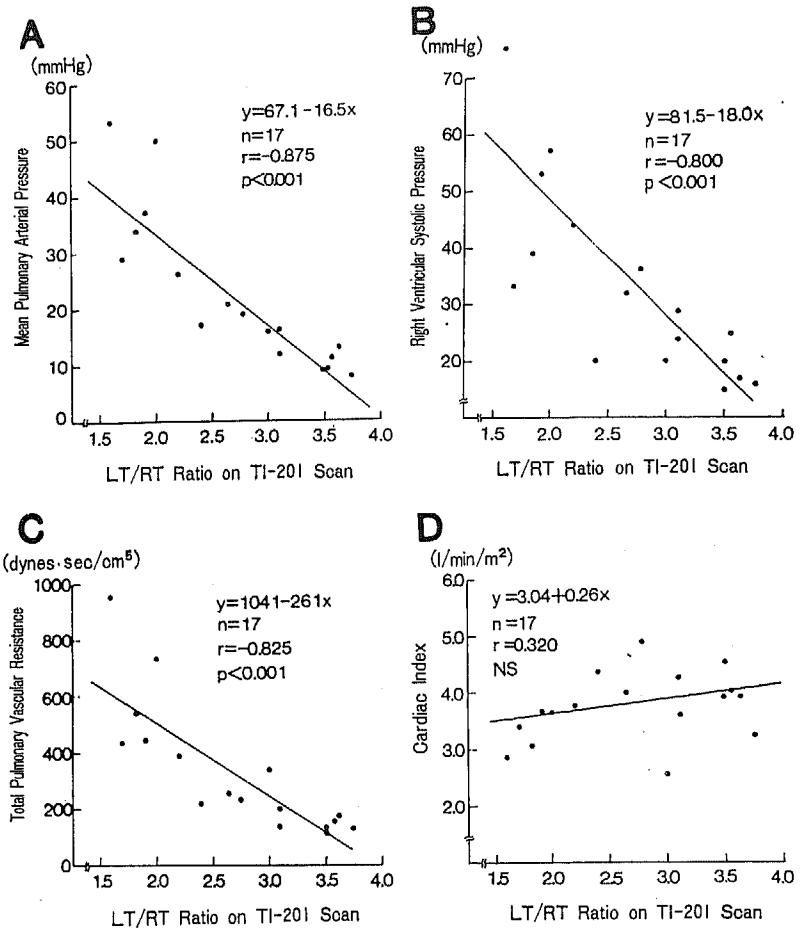

Fig. 4 Relationship between Tl-201 uptake ratio of right and left ventricles and hemodynamic findings. (A) Mean pulmonary arterial pressure ; (B) right ventricular systolic pressure ; (C) total pulmonary vascular resistance ; (D) cardiac index.

以下，RVSP は2％以下で有意差を認めた（Fig. 5）。

B 肺高血圧症診断における心電図と Tl シンチとの比較

Table 5に第1群17症例における諸家の心電図右室肥大基準ならびに Tl シンチ（RVO 群）による肺高血圧症（MPAP≧20mmHg）診断の鋭敏性，特異性，信頼性，偽陽性率および偽陰性率を示した。心電図および Tl シンチの肺高血圧症診断における鋭敏性はそれぞれ28.6～57.1％，100％，特異性は90～100％，80％であり，心電図は特異性では優れているが鋭敏性では劣っており，一方，Tl シンチは鋭敏性，特異性ともに優れていた。

C ^{201}Tl 心筋摂取率と心筋重量との関係

Fig. 6に RT と RV（A），LT と LV+S（B），および LT/RT と（LV+S)/RV（C）との関係を示した。相関係数はそれぞれ0.972，0.807，0.948であり，いずれも危険率0.1％以下で，高い相関関係を認め，^{201}Tl 心筋摂取率の増加にしたがって心筋重量も増すという結果を得た。

D Tl シンチによる右室肥大の診断率

山崎らの心肥大基準[35]（Table 6）によると右室肥大の解剖学的基準は RV≧62g および，または（LV+S)/RV<2.6である。剖検13例についてみると右室肥大例は4例，非右室肥大例9例となる。Tl シンチの RVO 群と非 RVO 群による右室肥大の診断率を求めると Table 7 のごとく鋭敏性75.0％，特異性88.9

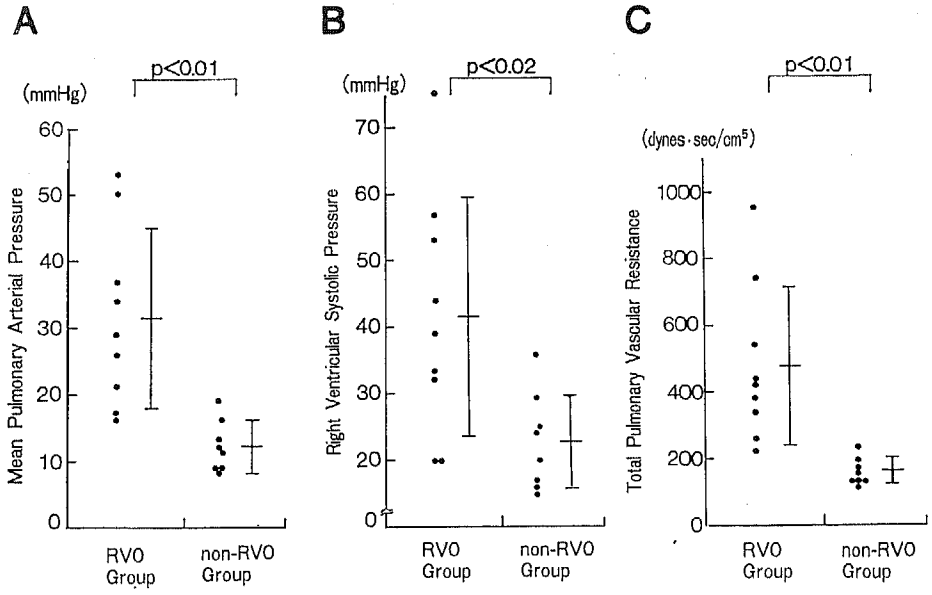

Fig. 5 Comparison of hemodynamic findings in right ventricular overloading (RVO) group (RT≧1.1 and/or LT/RT≦2.7) and non-RVO group (RT<1.1 and LT/RT>2.7). (A) mean pulmonary arterial pressure ; (B) right ventricular systolic pressure ; (C) total pulmonary vascular resistance.

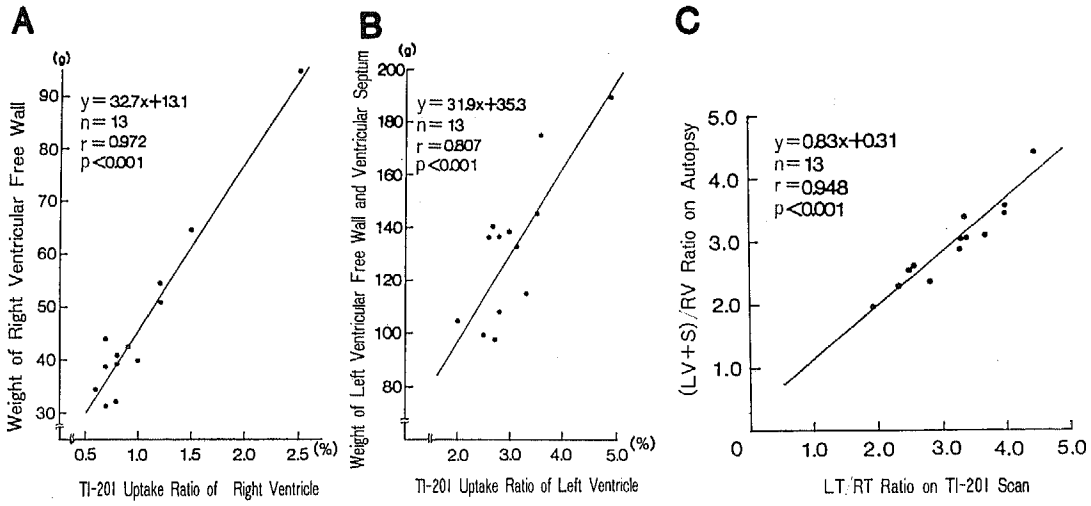

Fig. 6 (A) Relationship between Tl-201 uptake ratio of right ventricle and weight of right ventricular free wall. (B) Relationship between Tl-201 uptake ratio of left ventricle and weight of left ventricular free wall plus ventricular septum. (C) Relationship between LT/RT ratio and (LV+S)/RV ratio.

Table 6 The criteria of left and right ventricular hypertrophy by Yamazaki et al.

I.	(normal group)	
		LV+S<160g and 2.6<(LV+S)/RV<4.5
II.	a	group (small heart LVH group)
		LV+S<160g and (LV+S)/RV≧4.5
	b	group (moderate LVH group)
		LV+S≧160g, RV<62g and (LV+S)/RV<4.5
	c	group (definite LVH group)
		LV+S≧160g and (LV+S)/RV≧4.5
III.	a	group (small heart RVH group)
		RV<62g and (LV+S)/RV<2.6
	b	group (definite RVH group)
		RV≧62g and LV+S<160g
IV.	a	group (LVH dominant BVH group)
		LV+S≧160g, RV≧62g and (LV+S)/RV≧2.6
	b	group (RVH dominant BVH group)
		LV+S≧160g, RV≧62g and (LV+S)/RV<2.6

Abbreviations : see table 2 ; LVH=left ventricular hypertrophy ; RVH=right ventricular hypertrophy ; BVH=bi ventricular hypertrophy.

Table 7 Detectability of thallium-201 myocardial scintigraphy in right ventricular hypertrophy

Tl-201 scan	RVH (LV+S)/RV<2.6 and/or RV≧62g	non-RVH (LV+S)/RV≧2.6 and RV<62g	total
RVO group	3	1	4
non-RVO group	1	8	9
total	4	9	13

Sensitivity (%)	75.0 %
Specificity (%)	88.9 %
Efficiency (%)	84.6 %
False positive (%)	25.0 %
False negative (%)	11.1 %

Abbreviations : see table 2 and 6 ; RVO=right ventricular overloading.

%，信頼性84.6%であった。

V 考　　案

Thallium-201 は生体内ではカリウムイオンと類似の動態をとり[36]，静注後第1回の循環でそのほとんどが血管外に漏出し，ただちに Na^+-K^+ ATPase 活性により細胞内に移行摂取される[37]。そのため生体内での拡散スペースは大きく，その全身分布は各臓器の血流分布に応じて配分されるので心筋への集積は主として冠動脈血流量によって規定される[38]。一方，呼吸器疾患由来の右室に対する圧負荷は右室仕事量の増大さらに右室の拡大をきたし[1)7)]，その仕事量や肥大に伴って右冠血流量も増加する[39)-41)]ことが知られている。したがって，^{201}Tl の右室摂取率は右室への冠血流量を反映するものと考えられ，その測定により，右室負荷あるいは右室肥大の存在を定量的に評価できる可能

性が示唆される。

従来報告されている Tl シンチにおける右室集積の定量的方法には2つの問題点が存在した。第1は右室集積量の評価を全投与量に対する比ではなく，左室集積量に対する比により行っていた[24)25)]ことである。この方法では左心系疾患を有する例では右室集積が過大または過小に評価される可能性があり，また，右室単独負荷疾患でも進展例では左室の異常を伴なう[42)43)]ことが知られており，これらの例では右室集積の正確な評価は困難である。第2の問題点は，一般に右室壁は正常例あるいは軽度の右室負荷例では描出されないため，これらの例では右室の ROI の設定が困難であったことである。そのため，これまでの報告では明瞭に描出されている右室壁の一部または全部に ROI を設定してその集積量を計測する方法が行われており，非描出例の検討はなされていないのが現状であった[24)25)]。

今回著者はこれらの問題点を解決するために，右室集積の定量法としては ^{201}Tl の全投与量に対する右室壁の集積量である右室摂取率を算出した。これにより，左室集積量の多少に影響されることなく右室集積量の評価が可能であった。また，右室壁の ROI の設定には Tl シンチの angiocardiogram における右室腔を示す像を利用し，これにより右室描出の有無に関係なく ROI を設定できた。なお，Tl シンチにおける左室心筋の輪郭については大和田ら[44)]の中腔球体モデルによる実験があり，最高カウントの55%以上を左室心筋の ROI としている。著者は177例につき左室心筋の輪郭を40%～70%の ROI で検討した結果，50%がその輪郭として最も適当と判断した。一方，心プールシンチグラムにおける心臓の輪郭については中嶋ら[45)]の最高カウントの30%が適当という報告がある。著者は右室心筋の輪郭の決定のため，右室描出例について，右室を示す angiocardiogram における最高カウントの20～40%の様々な ROI を重ね合わせて視覚的に検討した結果，30%の ROI が右室心筋の輪郭として最も適当と判断し，右室の非描出例においてもこの値を使用した。なお，本法で求めた右室摂取率は心筋集積量とほぼ同様のジオメトリーで測定された ^{201}Tl の全投与量で正規化されているので，身長，体重，胸壁の厚さなどの個体差や ^{201}Tl の投与量の差による影響が少ない特徴を有している。

しかし，本法で RT，LT を測定する場合の問題点としては，分校ら[46)]の指摘するように第1回中心循環系通過時における最高カウントを全投与量（T）としているため，肺通過時に肺循環系を介して肺に摂取される ^{201}Tl の存在する場合にTが真の心拍出量より大となり，RT，LT が過小評価される可能性があることである。特に肺うっ血，肺水腫など肺血管外への ^{201}Tl の漏出がみられる病態[47)48)]，間質性肺炎をはじめとしてび慢性に肺集積を認める呼吸器疾患[49)50)]などでは RT のみで右室負荷を評価するには慎重でなければならない。そこで著者は右室負荷の指標として，RT に加えて LT/RT も合わせ用いた。また，本法で留意すべきことの1つは，右室中隔がシンチカメラに対して垂直の位置にあり右室と左室が明瞭に分離されねばならない点である。この点に関してほとんどの症例では LAO 30° の位置が適切であったが右室拡大の傾向が強くなると心臓の時計方向回転が大となり LAO 30° 像では両室の分離が不良となる例が認められた。このような例では右室壁が明瞭に描出されている LAO 45°や LAO 60°の像を用いて視覚的に ROI を決定する方法を用いた（Fig. 2）。また，angiocardiogram より全投与量を算出する場合には tracer が bolus として注入されなければならないが，著者は二重駆血法等の工夫により大部分の例で良好な bolus がえられた。左右心室あるいは肺野に ROI を設定してえた time activity curve にて bolus 性が不良と判定した例は対象から除外した。なお，右室壁の ^{201}Tl 摂取量は非常に微妙なものであるが，計数値の統計的変動に留意すれば成績に示された通り，臨床的に十分役立つものと考えられる。以上，本法は ^{201}Tl の右室集積量を高度の右室描出例から今まで臨床的には定量が不可能であった右室の非描出例まで連続的に定量でき，さらに，ほぼ ^{201}Tl の全身分布量ないし心拍出量に対する割合として評価できる特徴を有している。

つぎに，本研究では慢性肺性心の診断における本法の有用性につき右心カテーテル検査および心筋重量との対比により検討した。

これまで，Tl シンチの右室描出度と右心カテーテル検査の成績とを対比した報告[19)-23)27)]は多いが，その大多数は心疾患由来の右室負荷を対象としたもの[19)-23)]であり，呼吸器疾患を対象としたもの[27)]は少ない。Cohen ら[19)]は31例中10例，Kondo ら[20)]は99例中3例，Khaja ら[21)]は53例中4例，Ohsuzu ら[22)]は28例中6例が肺疾患例であるに過ぎない。これらの研究では右室負荷の診断能に関して Tl シンチが胸部X線写真[21)]，心電図[19)-22)]，心エコー図[21)]に比して優れているとしている。しかし，継は[23)]肺疾患7例を含む129例につ

き各種非観血的方法による右室負荷評価を行い，右室単独圧負荷の診断には胸部X線写真と Tl シンチが優れているが，左室負荷の共存する例では Tl シンチの右室負荷診断の鋭敏性は著しく低下すると述べている。

呼吸器疾患における右室負荷に関する報告では，Weitzenblum ら[27]は慢性呼吸器疾患57例に Tl シンチを施行し，MPAP≧20mmHg の肺高血圧症診断における Tl シンチの鋭敏性は73%で心電図，心エコー図の51%より優れており有用な検査法であると述べている。しかし，Newth ら[26]は cystic fibrosis の患者32例についての報告で，Tl シンチは右心不全をきたすような確実な右室肥大の診断は可能だが，肺性心の臨床徴候が出現する前の早期の右室肥大を予測するには慎重でなければならないと述べ，Tl シンチの定性的方法の限界を示唆している。Tl シンチにおける右室集積の半定量的方法としては，Berger ら[51]の右室描出例における右室対バックグラウンドの集積比を求めた報告がある。対象例は慢性閉塞性肺疾患71例で，右室描出例52例中集積比1.5以上の群（23例）と右室非描出例（19例）との間には右室駆出率，動脈血酸素分圧，1秒率において有意差を認め，Tl シンチは心電図に比し，右室肥大あるいは右室機能不全の診断に有用であると述べている。しかし，この報告では右心カテーテル検査の成績との検討はなされていない。

Tl シンチにより右室負荷あるいは右室肥大の定量的評価を行った報告はきわめて少ない。Kawai ら[25]は慢性肺疾患34例の検討で，^{201}Tl の左室/右室のカウント比（TAR）は MPAP，TPVR，RVSP と有意の逆相関を認め，TAR の測定により肺循環障害の推定が可能であると述べている。さらに，TAR を2未満と2以上の2群に分けたとき，肺高血圧症（MPAP≧25 mmHg）診断の鋭敏性は95%，特異性は79%であり，TAR<2 であれば慢性肺性心と診断できるとしている。この研究では解剖学的右室肥大基準として WHO が推奨している Fulton らの（LV+S)/RV<2 を採用しているが，この基準を満たすのはすでに完成された右室肥大があり明らかな右心不全例である点，さらに肺高血圧症の基準も WHO の MPAP≧25mmHg と高い基準においている点など，早期の右室負荷の検討としては不適当である。また，この方法は前述したように左室負荷の存在する例では右室負荷の程度を反映できない短所を有している。著者は Tl シンチの右室負荷指標として RT と LT/RT の2つを用い，健常対照群の検討より RT≧1.1% および，または LT/RT≦2.7 を右室負荷群として肺循環動態諸標との対比を行った。その結果，RT および LT/RT と MPAP，RVSP，TPVR との間には前者がそれぞれ 0.787，0.740，0.829，後者では−0.875，−0.800，−0.825 ときわめて高い相関関係を認め，また，RVO 群と非 RVO 群による肺高血圧症（MPAP≧20mmHg）診断の鋭敏性，特異性，信頼性もそれぞれ 100%，80%，88%と良好であった。以上より，Tl シンチにおける本法は呼吸器疾患由来の肺高血圧症の診断に関して有用であることが示された。

つぎに著者は右室肥大の診断における本法の有用性を立証するために，13例の呼吸器疾患で ^{201}Tl 心筋摂取率と剖検時の心筋重量との関係を比較検討した。^{201}Tl 集積量と心筋重量に関しては，Rabinovitch ら[52]は低酸素負荷群と対照群の2群のラットに ^{201}Tl を静注して屠殺後，左室と右室に分離しそれぞれの重量と放射能量を測定した結果，左室重量/右室重量は左室のカウント/右室のカウントと相関係数 0.963（$p<0.005$）と相関を認め，^{201}Tl の心筋集積量は心筋重量をよく反映することを実験的に証明している。また前述の Kawai ら[25]も呼吸器疾患11例につき（LV+S)/RV と TAR との関係を検討し，両者間に相関係数 0.90（$p<0.001$）の相関を認めたと述べている。著者の成績も Tl シンチ施行日と剖検日との間には平均157日の遅延はみられたものの，RT と RV 間には相関係数 0.972，LT と LV+S 間には0.807，LT/RT と(LV+S)/RV 間には 0.948 といずれもきわめて高い相関を認めた。これらの成績は右室心筋重量の増加に伴ない右室血管床も増加するという報告[40]や，右室肥大に伴って右室冠血流量も増加するという慢性動物実験の結果[41]とよく対応している。また，山崎らの解剖学的右室肥大基準による右室肥大例の Tl シンチによる診断率は鋭敏性75.0%，特異性88.9%，信頼性84.6%と良好であり，本法が右室肥大の臨床的診断法としても有用であることが示された。なお，右室肥大を解剖学的に判定する基準としては，右室壁厚（肺動脈弁口手前の円錐部）が5mm 以上とするものや，心筋重量の測定による Fulton らの基準があるが，右室壁厚による判定では右室内腔の拡張を伴う場合壁が非薄化する可能性があり診断精度が落ちるため，心筋重量による方法の方が信頼性が高いとされている[31][42]。著者は今回日本人における右室肥大基準である山崎らの基準を採用した。その理由は，山崎らはこの基準の設定にさいし，肺性心を“慢性肺疾患の長期存在下にそれによ

る右心不全症状（変動する肝腫，下肢の浮腫，頸静脈怒張）を生前に呈したもの″と定義しており，逆に，山崎らの基準である（LV+S）/RV<2.6を満たす例は右心不全症状を呈してくると考えられる。これは右心不全の存在を肺性心の診断基準としているNYHAの基準を満たしており，肺性心を右室肥大の面から臨床的に診断する基準として適当と考えた。

VI 結　　語

呼吸器疾患に由来する肺高血圧症あるいは右室肥大の診断におけるThallium-201心筋シンチグラフィーの有用性を検討する目的で，^{201}Tlの全投与量に対する右室および左室の摂取率を測定し，右室摂取率と左室摂取率／右室摂取率を右室負荷の指標として，慢性呼吸器疾患17例の右心カテーテル検査値および13例の剖検心における心筋重量との対比を行い次の結果を得た。

1）健常対照群30例の検討より右室摂取率の正常値は0.5%～1.1%，左室摂取率／右室摂取率は2.73～4.25であり，右室摂取率1.1%以上および，または左室摂取率／右室摂取率2.7以下を右室負荷群とした。

2）Tlシンチの右室負荷指標は平均肺動脈圧，右室収縮期圧および全肺血管抵抗とそれぞれ高い相関関係を認めた。

3）Tlシンチによる肺高血圧症の診断率は鋭敏性100%，特異性80.0%，信頼性88.2%であった。

4）右室摂取率は右室重量と，左室摂取率は左室重量と，また，左室摂取率／右室摂取率は左室重量／右室重量とそれぞれ高い相関関係を認めた。

5）Tlシンチによる解剖学的右室肥大の診断率は鋭敏性75.0%，特異性88.9%，信頼性84.6%であった。

以上，Thallium-201心筋シンチグラフィーにおける本法は右室集積量を右室の非描出例から高度描出例まで連続的に測定でき，慢性呼吸器疾患における肺高血圧症あるいは右室肥大の臨床的診断法として有用であると考える。

本論文の要旨は第24回日本胸部疾患学会総会（1984年4月，東京），第24回日本核医学会総会（1984年10月，福島）およびEuropean nuclear medicine congress (Sept. 1985, London) で発表した。

稿を終わるにあたり，御指導と御校閲をいただいた恩師草間昌三教授に衷心よりの感謝の意を表します。また，本研究を進めるにあたり直接御教示御指導いただいた藤井忠重講師，中央放射線部矢野今朝人技官に謝意を表するとともに，第1内科の気管支鏡，肺機能，循環器各グループの皆さまの御協力に感謝いたします。

文　　献

1) Ferrer, M.I. : Cor pulmonale (pulmonary heart disease) : present-day status. Am Heart J, 89 : 657-664, 1975
2) Petty, T.L., Neff, T.A., Creagh, C.E., Sutton, F.D., Nett, L.M., Bailey, D. and Fernandez, E. : Outpatient oxygen therapy in chronic obstructive pulmonary disease. A review of 13 years' experience and an evaluation of modes of therapy. Arch Inter Med, 139 : 28-32, 1979
3) Sturani, C., Bassein, L., Schiavina, M. and Gunella, G. : Oral nifedipine in chronic cor pulmonale secondary to severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Short- and long-term hemodynamic effects. Chest, 85 : 135-141, 1983
4) Lupi-Herrera, E., Seoane, M. and Verdejo, J. : Hemodynamic effect of hydralazine in advanced, stable chronic obstructive pulmonary disease with cor pulmonale. Immediate and short-term evaluation at rest and during exercise. Chest, 85 : 156-163, 1984
5) Report of an expert committee of WHO : Chronic cor pulmonale. Circulation, 27 : 594-615, 1963
6) Fishman, A.P. : Chronic cor pulmonale. Am Rev Respir Dis, 114 : 775-793, 1976
7) Ferrer, M.I. : Clinical and electrocardiographic correlation in pulmonary heart disease (cor pulmonale). Cardiovasc Clin, 8 : 215-224, 1977
8) The criteria committee of the NYHA : Nomenclature and criteria for diagnosis of disease of the heart and great vessels. 8 th ed., pp. 20-21, Little Brown and Co., Boston, 1979
9) Sussman, M.L., Grishman, A. and Steinberg, M.F. : The roentogenologic diagnosis of

right-sided enlargement of the heart. N Engl J Med, 228 : 777-783, 1943
10) Lupi, E., Dumont, C., Tejada, V.M., Horwitz, S. and Galland, F. : A radiologic index of pulmonary arterial hypertension. Chest, 68 : 28-31, 1975
11) Sokolow, M. and Lyon, T.P. : The ventricular complex in right ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. Am Heart J, 38 : 273-294, 1949
12) Myers, G.B., Klein, H.A. and Stofer, B.E. : The electrocardiographic diagnosis of right ventricular hypertrophy. Am Heart J, 35 : 1-40, 1948
13) Kilcoyne, M.M., Davis, A.L. and Ferrer, M.I. : A dynamic electrocardiographic concept useful in the diagnosis of cor pulmonale : Results of a survey of 200 patients with chronic obstructive pulmonary disease. Circulation, 42 : 903-924, 1970
14) Chou, T.C., Masangkay, M.P., Young, R., Conway, G.F. and Helm, R. : Simple quantitative vectrocardiographic criteria for the diagnosis of right ventricular hypertrophy. Circulation, 48 : 1262-1267, 1973
15) Nanda, N., Gramiak, R., Robinson, T.I. and Shah, P.M. : Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. Circulation, 50 : 575-581, 1974
16) Prakash, R. : Reliability of echocardiography in the diagnosis of right ventricular hypertrophy. J Natl Med Assoc, 74 : 767-771, 1982
17) Niess, G.S., Logic, J.R., Russell, R.O., Rackley, C.E. and Rogers, W.J. : Usefulness and limitations of thallium-201 myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. Circulation, 59 : 1010-1018, 1979
18) Gewirtz, H., Beller, G.A., Strauss, H.W., Dinsmore, R.E., Zir, L.M., Mckusick, K.A. and Pohost, G.M. : Transient defects of resting thallium scan in patients with coronary artery disease. Circulation, 59 : 701-713, 1979
19) Cohen, H.A., Baird, M.G., Rouleau, J.R., Fuhrmann, C.F., Bailey, I.K., Summer, W.R., Strauss, H.W. and Pitt, B. : Thallium-201 myocardial imaging in patients with pulmonary hypertension. Circulation, 54 : 790-795, 1976
20) Kondo, M., Kubo, A., Yamazaki, M., Ohsuzu, F. Handa, S., Tsugu, T., Masaki, H., Kinoshita, F. and Hashimoto, S. : Thallium-201 myocardial imaging for evaluation of right ventricular overloading. Circulation, 59 : 182-188, 1979
21) Khaja, F., Alan, M., Goldstein, S., Anbe, D.T. and Marks, D.S. : Diagnostic value of visualization of the right ventricle using thallium-201 myocardial imaging. Circulation, 59 : 182-188, 1979
22) Ohsuzu, F., Handa, S., Kondo, M., Yamazaki, H., Tsugu, T., Kubo, A., Takagi, Y. and Nakamura, Y. : Thallium-201 myocardial imaging to evaluate right ventricular hypertrophy. Circulation, 61 : 620-625, 1980
23) 継　健：各種非観血的方法による右室負荷の評価．日内会誌，70 : 22-33, 1981
24) Owada, K., Machii, K., Tsukahara, Y., Awano, N., Kijima, S., Miyazaki, Y., Ono, K., Ebitani, S., Muroi, S., Ikeda, K., Uchida, T. and Kariyone, S. : Quantitative estimation of the right ventricular overloading. Jpn Circ J, 46 : 715-724, 1982
25) Kawai, S., Tanaka, N., Sawada, M., Sakaguchi, K., Fujita, K. and Shiota, K. : The usefulness of thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy in the diagnosis of chronic cor pulmonale. Jpn Circ J, 45 : 1003-1013, 1981
26) Newth, C.J.L., Corey, M.L., Fowler, R.S., Gilday, D.L., Gross, D. and Mitchell, I. : Thallium myocardial perfusion scans for the assessment of right ventricular hypertrophy in patients with cystic fibrosis : A comparison with other non invasive technique. Am Rev Respir Dis, 124 : 463-468, 1981
27) Weitzenblum, E., Moyses, B., Dickele, M.C. and Methlin, G. : Detection of right ventricular pressure overloading by thallium-201 myocardial scintigraphy. Results in 57 patients

with chronic respiratory diseases. Chest, 85 : 164-169, 1984
28) 石井　靖，神原啓文，米倉義晴，門田和紀，藤田　進，鳥塚莞爾，河合忠一：^{201}Tl による心筋シンチグラフィー及び心筋血流量測定について．核医学，13：787-797，1976
29) Barratt-Boyes, B.G. and Wood, E.H. : Cardiac output and related measurements and pressure values in the right heart and associated vessels, together with an analysis of the hemodynamic response to the inhalation of high oxygen mixtures in healthy subjects. J Lab Clin Med, 51 : 72-90, 1958
30) Fulton, R.M., Hutchinson, E.C. and Jones, A.M. : Ventricular weight in cardiac hypertrophy. Br Heart J, 14 : 855-862, 1965
31) 細田泰弘：慢性肺性心の病理解剖学的基準—分離秤量法による右室肥大の評価を中心として—．呼と循，13：855-862，1965
32) 笹本　浩：慢性肺性心．慶応医学，44：773-781，1965
33) Roman, G.T. Jr., Walsh, T.J. and Massie, E. : Right ventricular hypertrophy. Correlation of electrocardiographic and anatomic finding. Am J Cardiol, 7 : 481-487, 1961
34) Milnor, W.R. : Electrocardiogram and vectrocardiogram in right ventricular hypertrophy and right bundle branch block. Circulation, 16 : 348-367, 1957
35) 山崎　元，半田俊之介，畑　隆志，中村芳郎，薬丸一洋，細田泰弘，兼本成斌，泰　順一：心筋重量測定に基づく心電図心室肥大判定基準．内科，39：131-135，1977
36) Gehring, P.J. and Hammond, P.B. : The interrelationship between thallium and potassium in animals. J Pharmacol Exp Ther, 55 : 187-201, 1967
37) Britten, J. and Blank, M. : Thallium activation of the (Na^+-K^+)-activated ATPase of rabbit kidney. Biochem Biophys Acta, 159 : 160-166, 1968
38) Bradley-Moore, P.R., Lebowitz, E., Greene, M.W., Atkins, A.L. and Ansari, A.N. : Thallium-201 for medical use II : Biologic behavior. J Nucl Med, 16 : 156-160, 1975
39) Zimmerman, H.A. : The coronary circulation in patients with severe emphysema, cor pulmonale, cyanotic congenital heart disease, and severe anemia. Dis Chest, 22 : 269-276, 1952
40) Marphy, M.L. and Lynch, W. : A comparison of the size of the arterial vascular bed to the right ventricular mass in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Am Heart J, 98 : 453-458, 1979
41) Murray, P., Baig, H. and Vatner, S. : Effect of right ventricular hypertrophy and failure on myocardial flow in conscious dogs (abstr). Circulation, 56 [Supple III] : 36, 1977
42) 山崎　元，継　　健，中村芳郎：慢性肺性心の左心と右心．呼と循，23：325-331，1975
43) 山崎　元：右室肥大に関する研究—とくに左室との関連において—．慶応医学，53：303-313，1976
44) 大和田憲司，待井一男，東原康文，阿部裕光，小野和男，蛯谷　勧，室井秀一，岩谷恭子，池田精宏，木田利之，内田立身，刈米重夫：^{201}Tl 心筋シンチグラフィーによる心筋梗塞の大きさの評価．呼と循，29：185-193，1981
45) 中嶋憲一，山田正人，分校久志，多田　明，利波紀久，久田欣一：容量可変心室ファントムおよび臨床症例における左心室輪郭抽出法の検討．核医学，18：1405-1411，1981
46) 分校久志，中嶋憲一，利波紀久，久田欣一：^{201}Tl 心筋摂取率測定の新しい試みとしての心筋／左室通過量(H／S) 比の検討．核医学，18：1263-1269，1981
47) 藤井忠重，平山二郎，金井久容，半田健次郎，草間昌三，矢野今朝人，滝沢正臣：肺血管外スペースにおける ^{201}Tl 集積の定量的評価．核医学，19：1167-1177，1982
48) 藤井忠重，平山二郎，金井久容，半田健次郎，草間昌三，矢野今朝人，平野浩志，滝沢正臣：各種心肺疾患における ^{201}Tl 肺摂取率の算定．核医学，20：159-170，1983
49) 藤井忠重，平山二郎，金井久容，五味英一，小沢克良，山口文雄，松岡　健，望月一郎，半田健次郎，草間昌三：過敏性肺臓炎の臨床的検討—肺シンチグラム所見を中心に—．日胸，41：964-974，1982
50) 藤井忠重，平山二郎，金井久容，小沢克良，川口哲男，和田龍蔵，望月一郎，半田健次郎，草間昌三，矢野今朝人：び漫性間質性肺炎における ^{201}Tl シンチグラフィーの臨床的意義．日胸疾学誌，20：947-956，1982

51) Berger, H., Wackers, F., Mahler, D., Davies, R., Matthay, R. and Zaret, B. : Right ventricular visualization on thallium-201 myocardial images in chronic obstructive pulmonary disease : Relationship to right ventricular function and hypertrophy (abstr). Circulation, 62 [Suppl III] : 103, 1980

52) Rabinovitch, M., Fisher, K., Gamble, W., Reid, L. and Treves, S. : Thallium-201 : Quantitiation of right ventricular hypertrophy in chronical hypoxic rats. Radiology, 130 : 223-225, 1979

(61. 10. 13 受稿)