

《原 著》

²⁰¹Tl 心筋 SPECT を用いた右室負荷の定量的評価

谷口 洋子* 宮尾 賢爾** 島 正巳** 北村 誠**
辻 光** 首藤 達哉** 杉原 洋樹* 中川 雅夫*

要旨 右室負荷をきたした症例に ²⁰¹Tl 心筋 SPECT を施行し、MRI および心臓カテーテル検査の所見との対比より、非侵襲的右室負荷評価法としての有用性を検討した。右室負荷症例 40 例（平均年齢 61.0±11.8 歳）に施行した安静時 ²⁰¹Tl 心筋 SPECT 像の心室中部短軸像にて右室自由壁および左室自由壁に関心領域（2×2 pixel）を設定し、各カウントより、Tl カウント比（右室 / 左室）を求めた。この Tl カウント比を MRI にて計測した壁厚比（右室壁厚 / 左室壁厚）および心臓カテーテル検査より算出した最大収縮期圧比（右室圧 / 左室圧）と対比検討した。Tl カウント比と壁厚比は $Y=0.73X+0.19$ ($r=0.71$, $p<0.001$) の相関関係を示した。Tl カウント比と圧比は圧負荷群で $Y=1.14X-0.049$ ($r=0.85$, $p<0.001$)、容量負荷群で $Y=0.51X+0.023$ ($r=0.88$, $p<0.001$) の異なる相関関係を示した。²⁰¹Tl 心筋 SPECT の定量的評価により右室負荷症例の右室、左室の壁厚比および圧比が推定可能である。

（核医学 30: 371-376, 1993）

I. はじめに

右心系の圧負荷、容量負荷をもたらす疾患に肺高血圧症、肺動脈狭窄症等の右室後負荷の増大によるもの、また心房中隔欠損症に代表されるシャント疾患等があり、これら右室負荷の程度为非観血的判定法として、Cohen らが ²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィを用いた成績を報告¹⁾して以来、本法による右室負荷評価の有用性が報告されている。しかし、これらの多くはプラナー像による定性的もしくは半定量的検討であり²⁻⁹⁾、²⁰¹Tl 心筋 SPECT による右室負荷の定量的評価の報告は少数のみである¹⁰⁻¹³⁾。今回、成人の右室負荷症例に施行した ²⁰¹Tl 心筋 SPECT 像を簡略化した関心領域の設定により定量解析し、磁気共鳴画像 (MRI) お

よび心臓カテーテル検査所見との対比より、本法の右室負荷評価における有用性を検討した。

II. 対 象

40 歳から 82 歳（平均年齢 61.0±11.8 歳）の右室負荷症例 40 例（男性 14 例、女性 26 例）を対象とし、これらを圧負荷群（22 例）と容量負荷群（18 例）に分別した。圧負荷群の内訳は原発性肺高血圧症 2 例、肺塞栓症 5 例、肺動脈弁狭窄症 3 例、僧帽弁狭窄症 6 例、僧帽弁逆流症 6 例であり、容量負荷群の内訳は心房中隔欠損症 14 例、エプスタイン奇形 1 例、三尖弁逆流症 1 例、心内膜床欠損症 1 例、部分肺静脈灌流異常症 1 例であった。圧負荷群、容量負荷群の右室収縮期圧の平均値はそれぞれ 65.7±28.3 mmHg, 37.8±11.2 mmHg であった。

III. 方 法

1. ²⁰¹Tl 心筋 SPECT

²⁰¹TlCl 74 MBq を安静時に静注し、²⁰¹Tl 心筋 SPECT を施行した。低エネルギー高分解能型コリメータを装着した回転型 γ カメラ東芝製 GCA-901A を用いた左後斜位 45 度から右前斜位 45 度

* 京都府立医科大学第二内科

** 京都第二赤十字病院内科

受付：4 年 12 月 4 日

最終稿受付：5 年 1 月 25 日

別刷請求先：京都市上京区河原町広小路上の梶井町 465
(☎ 602)

京都府立医科大学第二内科

谷 口 洋 子

まで1方向30秒, 6度ごと, 30方向で収集するSPECTを施行し, on-lineで接続した核医学データ処理装置GMS-550Uに入力した. 再構成した心室中部短軸像にて, 心室中隔に対して垂直で心室中隔の中点を通る直線上の右室自由壁, および左室自由壁に関心領域(ROI; 2×2 pixel, 1 pixel = 5.3 mm)を設定し(Fig. 1), その各カウントから, 右室(RV)と左室(LV)のTIカウント比(R/L-TI)を次式により算出した.

$$R/L-TI = RV \text{ のカウント} / LV \text{ のカウント}$$

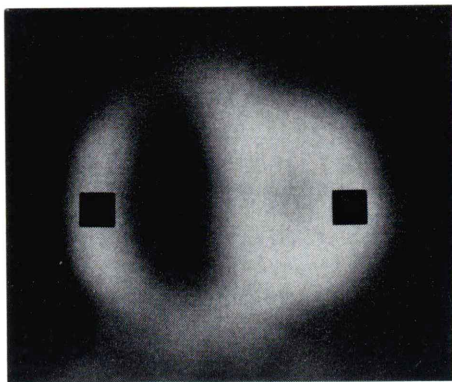


Fig. 1 Regions of interest (ROI) were set on right and left ventricular free walls in a midventricular slice of short axis images of SPECT.

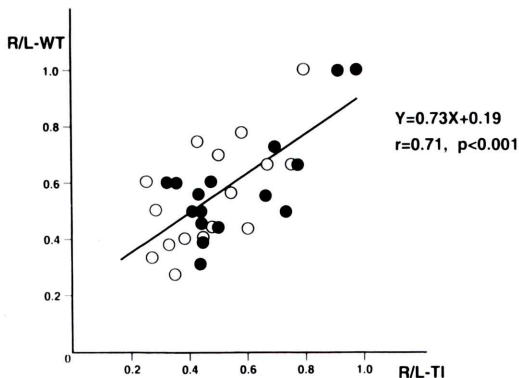


Fig. 2 There were significant positive correlation between R/L-TI and R/L-WT, but no difference in the regression lines between pressure overloading group and volume overloading group. ○: pressure overloading group, ●: volume overloading group, R/L-TI: RV/LV TI uptake ratio, R/L-WT: RV/LV wall thickness ratio

2. 心臓カテーテル検査

^{201}TI 心筋 SPECT 施行の2週間以内に心臓カテーテル検査を施行し, 収縮期右室圧(RVP)および左室圧(LVP)より, 両者の最大収縮期圧比(R/L-P)を次式により算出した.

$$R/L-P = RVP \text{ mmHg} / LVP \text{ mmHg}$$

3. MRI

MRIは島津SMT-150を用い, 心電図同期 spin echo 法 (TR=RR 間隔, TE=20 msec)にて, 左室短軸断面を中部が拡張末期像となるように撮像した. その心室中部短軸断面より, SPECT像における関心領域に相当する部位の右室壁厚(RVWT)および左室壁厚(LVWT)を計測し, 両者の壁厚比(R/L-WT)を次式により算出した.

$$R/L-WT = RVWT \text{ mm} / LVWT \text{ mm}$$

4. 統計処理

検定法としては, 二変量回帰分析を用いた.

IV. 結 果

1. TI カウント比と壁厚比

TI カウント比は, 壁厚比と有意な相関関係を示した ($r=0.71$, $p<0.001$, $SEE=0.137$) (Fig. 2). 圧負荷と容量負荷群の回帰直線は, それぞれ $Y=$

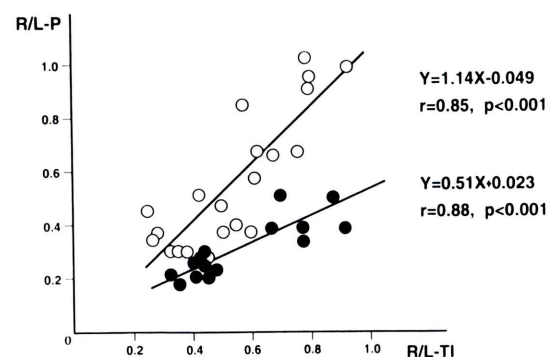


Fig. 3 R/L-TI was positively correlated with R/L-P. There was a significant difference ($p<0.001$) in the regression lines between pressure overloading group and volume overloading group. ○: pressure overloading group, ●: volume overloading group, R/L-TI: RV/LV TI uptake ratio, R/L-P: RV/LV pressure ratio

$0.78X + 0.19$, $Y = 0.74X + 0.17$ であり、両群の回帰直線の傾きに有意差はなかった。

2. Tl カウント比と圧比

Tl カウント比は、圧比と圧負荷群で $Y = 1.14X - 0.049$ ($r = 0.85$, $p < 0.001$, $SEE = 0.14$), 容量負荷群で $Y = 0.51X + 0.023$ ($r = 0.88$, $p < 0.001$, $SEE = 0.059$) の相関関係を示した (Fig. 3). 回帰直線の傾きは、圧負荷群で有意 ($p < 0.001$) に大であった。

3. Tl カウント比の再現性

Tl カウント比の再現性を 2 人の検者間および同一検者内で比較したところ、それぞれ $Y = 0.97X + 0.05$ ($r = 0.93$, $p < 0.001$), $Y = 0.98X + 0.04$ ($r = 0.93$, $p < 0.001$) の回帰直線を得た。

V. 考 察

Cohen らが肺高血圧の症例で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、右室自由壁の描出の程度により、右心負荷を評価する試みがなされてきた²⁻⁹⁾。²⁰¹Tl の心筋への取り込みは主に血流に依存するので、²⁰¹Tl の心筋像を規定するのは冠血流量¹⁴⁾と心筋量¹⁵⁾と考えられる。

動物実験における慢性的右室負荷心では、右室の単位心筋あたりの冠血流量と ²⁰¹Tl の摂取は増加しないが、心筋量が増加するために、右室心筋全体としての ²⁰¹Tl の摂取が亢進するとの報告¹⁶⁾がある。²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィによる右室負荷の評価の臨床的な主目的は右室収縮期圧の推定であり、主に小児例において SPECT により良好な結果が得られたと報告されている^{11,13)}。しかし、これらの解析法はいずれもやや繁雑であり、今回はできるだけ単純に解析するため、プラナー像で解析されたごとく、右室と左室の自由壁に各 1 個の関心領域を設定する方法で検討した。また、これまで動物実験において右室肥大と ²⁰¹Tl の右室集積が相関するとの報告¹⁶⁾はあるが、臨床的には ²⁰¹Tl の右室描出と右室壁厚の関係については報告されていないので、両者の関係も併せ検討した。右室、左室の壁厚測定には断層心エコー図法を用いることが一般的であるが、成人の場合、今回の対象患者の平均年齢は 61 歳であり、小児に比べて体型や呼吸器疾患の合併等があり、右室、左室の壁厚測定が不可能な症例があるため、MRI を利用した。MRI を利用することにより、SPECT

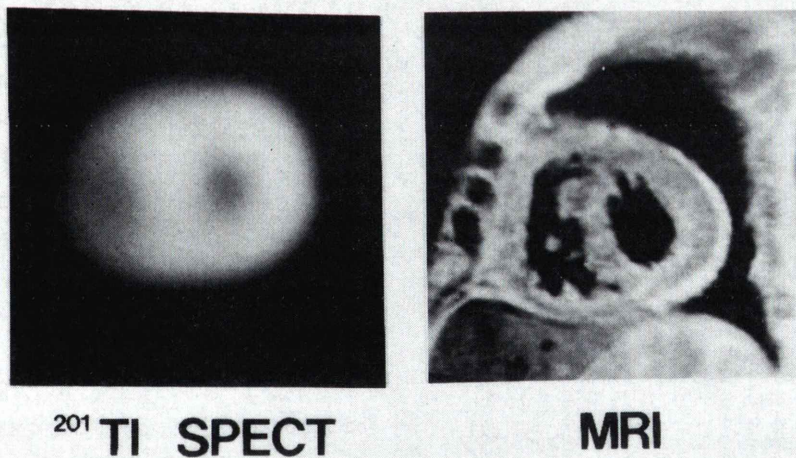


Fig. 4 79 year-old female with pulmonary stenosis.
 $R/L-Tl = 0.66$, $R/L-WT = 0.80$, $R/L-P = 0.68$
²⁰¹Tl SPECT reveals increased accumulation of ²⁰¹Tl in the right ventricle.
 MRI shows concentric right ventricular hypertrophy.

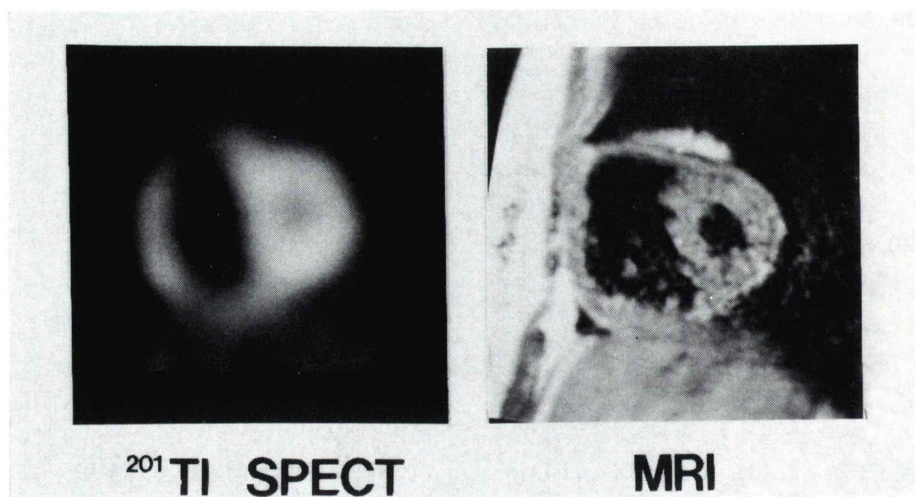


Fig. 5 44 year-old female with atrial septal defect.
 $R/L-Tl=0.90$, $R/L-WT=0.82$, $R/L-P=0.58$
 ^{201}Tl SPECT discloses high uptake of ^{201}Tl in the right ventricle. MRI demonstrates marked dilation of the right ventricle.

の断面と同レベルの心室短軸断面が容易に得られ、右室、左室の壁厚測定が可能であった (Fig. 4, Fig. 5). 本来、Tl カウント比は単位心筋重量あたりの集積比を示すものであるが、実際には **partial volume effect** によって壁厚に依存すると考えられる。今回の検討において、Tl カウント比と壁厚比は良好な相関関係を示し、圧負荷群と容量負荷群間で回帰直線に差を認めなかった。したがって、Tl カウント比より圧負荷、容量負荷に関係なく壁厚比を推定可能である。

一方、心筋の酸素消費量は心拍数が一定の時、心室最大圧によく相関するとの報告¹⁷⁾があり、心室最大圧が高値になるほど心筋酸素消費量は増すため冠血流量は増加し、 ^{201}Tl の摂取も増加すると考えられている。このことは右室にも適用されることが推定され、慢性の右室負荷では、右室最大圧が高値になるほど右室の心筋酸素消費量が増加するため右室全体としての冠血流量が増加し、そのため右室壁の ^{201}Tl の摂取が増し、これが ^{201}Tl 心筋イメージ上での右室壁の描出に反映されることが考えられる。すなわち右室の描出の程度は、右室収縮期圧と密接に関連することが推察される。

今回の検討で、Tl カウント比と圧比は圧負荷群、容量負荷群で異なった相関関係を示した。2 群の回帰直線の傾きが有意に異なったことから、右心圧負荷の程度の差異だけでなく、容量負荷の影響も右室の Tl 摂取に関与すると考えられた。すなわち、容量負荷により遠心性肥大を呈する容量負荷群では、二次的に圧負荷が加わると、同一の圧負荷でも圧負荷群に比し Tl カウント比はより増加すると推測され、両群の病態の差を反映する所見と考えられた。

右室負荷の定量的評価のため Tl カウント比を算出する際、右室と左室の関心領域をいかに設定するかが一つの問題である。定量的評価により得られた指標の臨床的有用性が最も重要であるが、関心領域設定は簡便でかつ再現性のあることが望ましい。SPECT による評価法はブレンダー像による評価法に比し、右室と左室の分離が良好であり、**background** を無視できることが利点と考えられる。関心領域の設定法に関しては、短軸の全スライスを加算し再構成面を作成し、関心領域を自由壁にそってできるだけ広く設定する方法¹⁰⁾や、関心領域を複数箇所置く方法¹²⁾等が報告されてい

るが、簡便な方法とは言い難い、われわれの方法では、心室中部短軸像一断面の右室と左室の自由壁に 2×2 pixel の関心領域をそれぞれ一か所のみ置くというきわめて単純な方法で、Tl カウント比は圧比と前述の方法に匹敵する良好な相関を得た。また、同一検者間の再現性および異なる検者間の一致度は良好であった。本法は右室と左室の全部を網羅していないという問題点を有するが、臨床の場で十分利用可能な簡便な方法であると考えられる。

VI. 結 論

²⁰¹Tl SPECT の定量的評価により、右室負荷疾患の壁厚比、および圧比を推定可能である。

謝辞：ご協力を賜りました京都第二赤十字病院放射線科技師村田稔氏はじめ技師の皆様に厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Cohen HA, Baird MG, Roulean JR, Fuhrmann CF, Bayley IK, Strauss HW, et al: Thallium-201 myocardial imaging in patients with pulmonary hypertension. *Circulation* **54**: 790-795, 1976
- 2) 大和田憲司, 東原康文, 木島幹博, 宮崎吉弘, 小野和男, 竹沢将俊, 他: Thallium-201 心筋シンチグラフィにおける右心自由壁描出の検討: 圧負荷と容量負荷の対比. *J Cardiol* **12**: 203-214, 1982
- 3) 継 健: 各種非観血の方法による右室負荷の評価. *日内会誌* **70**: 22-33, 1981
- 4) 橋本正樹, 末田 隆, 山岡 薫, 山本正治, 藤井秀昭, 土岡由紀子, 他: ²⁰¹Tl 心筋シンチグラムによる右室自由壁の評価. *画像医学誌* **3**: 600-607, 1984
- 5) 林田孝平, 西村恒彦, 植原敏勇, 下永田剛: 僧帽弁膜疾患における右室負荷の検出——RI アンジオグラフィと心筋シンチグラフィの比較——. *核医学* **23**: 237-242, 1986
- 6) 橋本正樹, 藤井秀昭, 横手祐司, 佐倉英一郎, 岡本光師, 土岡由紀子, 他: 僧帽弁疾患における右室負荷の評価——²⁰¹Tl 心筋シンチグラムを用いて——. *広島医学* **38**: 529-534, 1985
- 7) 水戸守寿洋, 小野安生, 神谷哲郎, 西村恒彦, 小塚隆弘, 木幡 達, 他: 小児期心疾患における ²⁰¹TlCl 心筋イメージング右室圧定量的評価について. *呼と循* **33**: 191-197, 1985
- 8) Rabinovitch M, Fischer KC, Treves S: Quantitative thallium-201 myocardial imaging in assessing right ventricular pressure in patients with congenital heart defect. *Br Heart J* **45**: 198-205, 1981
- 9) Ohsuzu F, Handa S, Kondo M, Yamazaki H, Tsugu T, Kubo A, et al: Thallium-201 myocardial imaging to evaluate right ventricular overloading. *Circulation* **61**: 620-625, 1980
- 10) 国枝悦夫, 尾川浩一, 西口 郁, 久保敦司, 橋本省三, 岩永史郎, 他: 右室圧負荷疾患の ²⁰¹Tl SPECT による定量的評価. *核医学* **24**: 177-180, 1987
- 11) 秋場伴晴, 芳川正流, 大滝晋介, 小林代喜夫, 中里満, 鈴木 浩, 他: SPECT によるタリウム心筋イメージングを用いた小児の右室圧の定量的評価. *心臓* **21**: 1400-1405, 1989
- 12) 加藤浩司, 三澤利博, 久津見恭典, 佐々木文彦, 石橋武志, 中井継彦, 他: 肺性心における右室負荷の定量的評価: ²⁰¹Tl 心筋 SPECT による検討. *J Cardiol* **20**: 167-175, 1990
- 13) Nakajima K, Taki J, Ohno T, Taniguchi M, Taniguchi M, Bunko H, et al: Assessment of right ventricular overload by a thallium-201 SPECT study in children with congenital heart disease. *J Nucl Med* **32**: 2215-2220, 1991
- 14) 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
- 15) Strauer BE, Burger S, Bull U: Multifractional determination of ²⁰¹Thallium uptake of the heart: An experimental study concerning the influence of ventricular mass, perfusion and oxygen consumption. *Basic Res Cardiol* **73**: 298-306, 1978
- 16) Wackers 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**: 1256-1264, 1981
- 17) Sarnoff SJ, Braunwald E, Welch GH Jr: Hemodynamic determinants of oxygen consumption of the heart with special reference to the tension-time index. *Amer J Physiol* **192**: 148-156, 1958

Summary

Quantitative Analysis of Right Ventricular Overloading by ^{201}Tl Myocardial SPECT

Yoko TANIGUCHI*, Kenji MIYAO**, Masami SHIMA**,
Makoto KITAMURA**, Hikari TSUJI**, Tatsuya SHUDO**,
Hiroki SUGIHARA* and Masao NAKAGAWA*

**Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine*

***Department of Medicine, Kyoto Second Red Cross Hospital*

Clinical usefulness of quantitative analysis of right ventricular overloading was evaluated by ^{201}Tl myocardial SPECT in comparison with cardiac catheterization and MRI. Seventy-four MBq of $^{201}\text{TlCl}$ was intravenous injected and ^{201}Tl myocardial SPECT was performed on 40 patients (mean age: 61.0 ± 11.8) with right ventricular overloading. Regions of interest (ROI) were selected on right and left ventricular walls in a midventricular short axis image of SPECT and uptake of each ROI were counted. The right ventricle (RV)/left ventricle (LV) ^{201}Tl uptake ratio (R/L-Tl) was calculated. Wall thickness of RV and LV were measured on MRI and the RV/LV wall thickness ratio (R/L-WT) was calculated. RV and LV pressure were recorded in cardiac catheterization, and the RV/LV systolic pressure ratio (R/L-P)

was calculated. There was significant positive correlation ($Y=0.73X+0.19$, $r=0.71$, $p<0.001$) between R/L-Tl and R/L-WT. R/L-Tl was positively correlated with R/L-P in patients with pressure overload ($Y=1.14X-0.049$, $r=0.85$, $p<0.001$) and in patients with volume overload ($Y=0.51X+0.023$, $r=0.88$, $p<0.001$) and the slope of the regression line in patients with pressure overload was significantly steeper than that in patients with volume overload ($p<0.001$). In conclusion, quantitative analysis of right ventricular overload by ^{201}Tl myocardial SPECT is useful to estimate RV/LV wall thickness ratio and pressure ratio.

Key words: ^{201}Tl myocardial SPECT, Right ventricular overloading, Right ventricular systolic pressure, Right ventricular wall thickness.