

《原 著》

心腔、肺における ^{99m}Tc -アルブミン分布率の臨床的意義

藤井 忠重* 金井 久容* 田中 正雄* 河野 純*
 広瀬 芳樹* 平山 二郎* 本郷 実* 山田 博美*
 大久保信一* 半田健次郎* 矢野今朝人**

要旨 各種心肺疾患において、 ^{99m}Tc -アルブミンの心プールシンチグラフィを利用して、右房・右室 (RV)、左室 (LV)、心・大血管系 (CV) および肺 (Lu) などの ^{99m}Tc 分布率を算出し、その臨床的意義を検討した。対照、肺性心、左心不全 (+) の心疾患の ^{99m}Tc 分布率は RV が $3.4 \pm 0.6\%$ 、 $6.0 \pm 0.8\%$ 、 $7.9 \pm 1.7\%$ 、LV が $3.1 \pm 0.5\%$ 、 $2.6 \pm 0.8\%$ 、 $7.7 \pm 3.5\%$ 、CV が $10.4 \pm 2.0\%$ 、 $14.2 \pm 2.4\%$ 、 $20.7 \pm 4.3\%$ であった。LV の ^{99m}Tc 分布率は心室造影による拡張終期容積と相関 ($r=0.72$) を示した。RV と LV の ^{99m}Tc 分布率はともに NYHA 心機能分類との関連を認めた。Lu の ^{99m}Tc 分布率は対照 $4.9 \pm 1.4\%$ 、肺性心 $4.4 \pm 1.1\%$ 、左心不全 (-) の心疾患 $6.6 \pm 1.9\%$ であった。本法は心室腔と肺における血液量の指標を同時かつ簡易に算出でき、心疾患の病態を評価するうえで役立つ。

I. はじめに

RI-angiography や心プールシンチグラフィは從来から心・大血管系の形態学的診断に利用され、最近では心電図同期法の導入により、*regional* および *global* な心機能の諸指標が算出・描画され、心疾患の非侵襲的診断法として広く利用^{1,2)} されている。一方、心腔容積や肺血液量は心疾患の病態を反映する重要な指標であり、ルーチンには X 線学的方法や心エコー図などにより評価されているが、各種の核医学的方法^{3~10)} も試みられている。著者らは肺血管外スペースの大きさを反映する指標として ^{201}TI 肺摂取率¹¹⁾ を、また、肺血管内スペースの大きさを反映する指標として ^{99m}Tc -アルブミン肺分布率¹²⁾ を算出し、これらが心疾患の病態や心機能異常を評価するうえ

で有用であることを報告^{11,12)} した。今回は心腔の血液量を評価する目的で、心プールシンチグラフィから各心腔と肺における ^{99m}Tc -アルブミン分布率を算出し、その臨床的意義を検討した。

II. 方法・対象

低エネルギー用平行多孔コリメータを装着したシンチカメラ (GCA-401, 東芝)–ミニコンピュータシステムを用いた。仰臥位で ^{99m}Tc -アルブミン (human serum albumin, HSA) $6\sim10\text{ mCi}$ を右肘静脈よりボーラスとして注入し、左前斜位 (30° ないし 60°) にて、 $140 \pm 20\text{ KeV}$ のエネルギーを選択し、1~2 秒間隔、60 秒間で動態像のデータ収集を行った。次に、約 10 分後の平衡時に同一位置関係のまま左前斜位像を、次いで前面像を 64×64 のイメージマトリックスでデータ収集した。

HSA の動態像において、RI が中心循環系を通過する初回時における各フレームの総カウントを算出し、その内の最高値を投与量 (injected dose, ID) とした。以下に、ストレス多血症の 1 例 (循環血液量 $5,796\text{ ml}$) で各 HSA 分布率の算出法を示す。

* 信州大学医学部第一内科

** 同 附属病院中央放射線部

受付：63年5月25日

最終稿受付：63年8月23日

別刷請求先：松本市旭 3-1-1 (番 390)

信州大学医学部第一内科

藤井 忠重

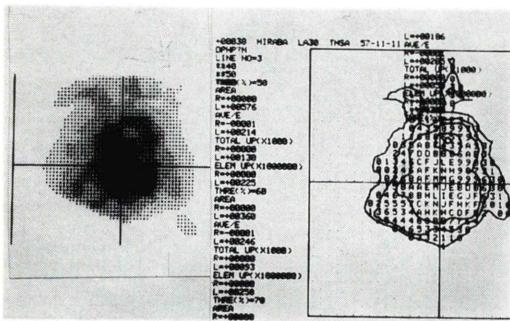


Fig. 1 a|b A case of stress polycythemia.
a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°), b: The image of Fig. 1a superimposed with the iso-count lines of itself.

1) 心・大血管系の HSA 分布率 (Fig. 1)

左前斜位像 (平衡像) において、右房外側の肺野に閑心領域を設定し、その1画素当たりの平均値を全画素から減算して、肺・胸壁に分布するHSA (バックグラウンド) を除去し、補正した左前斜位像 $H_L(x, y)$ (Fig. 1a) を求める。 $H_L(x, y)$ において、大動脈弓より上部と心腔より下部(肝臓など)を除外するために2本の水平線を、また、両側肺野を除外するために2本の垂線を指定し、概略的に心・大血管系血液プールの閑心領域 (region of interest, ROI) を設定した。この像から任意の本数の等計数曲線を抽出し、 $H_L(x, y)$ に重ね合わせ (Fig. 1b)、心・大血管系血液プールを十分含み、かつ、それ以外の部分を可及的除外するような等計数曲線をその輪郭として選択した。Fig. 1bにおいて、心・大血管系の輪郭内の総カウントを求め、これをHSA投与量 (ID) で除し心・大血管系のHSA分布率とした。本例のHSA分布率(血液量)は最高カウントの60%レベルの等計数曲線により9.3% (539 ml)と算出された。

2) 右房・右室の HSA 分布率 (Fig. 2)

HSAの動態像から右房・右室が良好に描出されている画像を選択し、2本の水平線で右房の上縁と右室の下縁を、また、2本の垂線で右房・右室の外側縁と内側縁を指定し、概略的に右房・右室のROIを設定した (Fig. 2b)。この画像から任意の本数の等計数曲線を抽出し、1)と同様にバッ

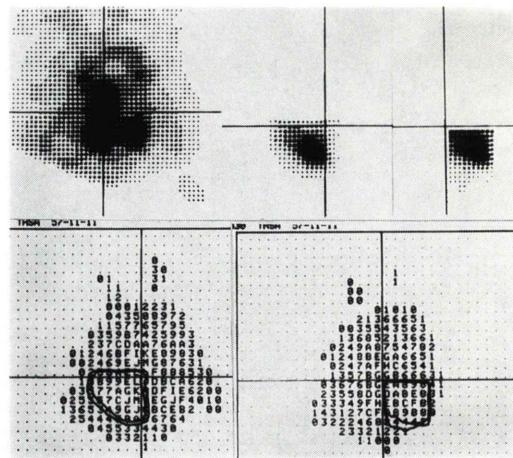


Fig. 2 a|b|c Scintigrams of same case in Fig. 1.
d|e

a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°), b: Image of the right ventricle including the right atrium, c: Image of the left ventricle, d: The image of Fig. 2a superimposed with the iso-count lines of the image of Fig. 2b, e: The image of Fig. 2a superimposed with the iso-count lines of the image of Fig. 2c.

クグラウンドを処理した像 $H_L(x, y)$ (Fig. 2a) に重ね合わせ (Fig. 2d), 右房・右室血液プールを十分含み、かつ、他の部分を可及的除外するような等計数曲線を選択し、その輪郭とした。Fig. 2dにおいて、右房・右室の輪郭内の総カウントを求め、これを投与量 (ID) で除し、右房・右室のHSA分布率を算出した。本例は20%の等計数曲線によりHSA分布率(血液量)が4.6% (267 ml)と算出された。

3) 左室の HSA 分布率 (Fig. 2)

HSAの動態像から左室が良好に描出されている画像を選択し、2)と同様に4本の直線により左室以外の部分を除外するように概略的なROIを設定した (Fig. 2c)。左前斜位像 (平衡像) において、左室外側の肺野にROIを指定し、その1画素当たりの平均値を全画素から減算し、バックグラウンドを除去した像 $H_L'(x, y)$ (Fig. 2a) を求めた。Fig. 2c (左室像)より抽出した任意の本数の等計数曲線を $H_L'(x, y)$ に重ね合わせ (Fig. 2e)、左室血液プールを十分含み、かつ、それ以外の部分を可及的除外するような等計数曲線を選択し、

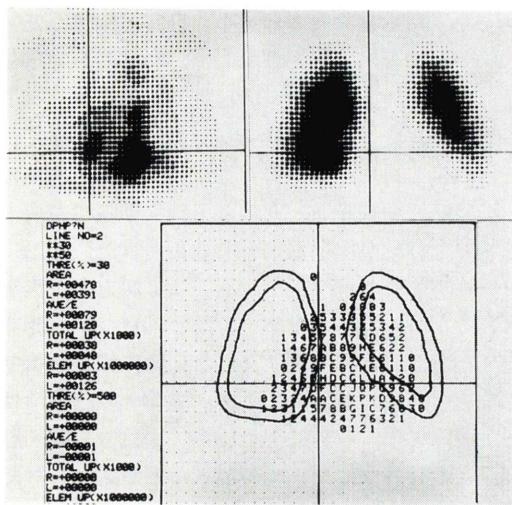


Fig. 3 a|b
c Scintigrams of same case in Fig. 1.

a: Cardiac pool scintigram (anterior image), b: Perfusion lung scintigram, c: The image of Fig. 3a superimposed with the iso-count lines of the image of Fig. 3b.

その輪郭とした。Fig. 2eにおいて、左室の輪郭内の総カウントを求め、これを投与量 (ID) で除し左室の HSA 分布率を算出した。本例の HSA 分布率(血液量)は 30% の等計数曲線により 2.5% (145 ml) であった。

なお、1)~3)における実際の方法は、まず等計数曲線の表示を行い、これで適切な輪郭が得られない場合に、前述のごとく 4 本以内の直線を補助的に用いた。また、輪郭の選択法は、まず 10% 間隔の 2 本の等計数曲線で概略的な輪郭を指定し、次いでその間に 2~4% 間隔の線を重ねることで適切な輪郭を決定した。

4) 肺の HSA 分布率 (Fig. 3)

HSA の前面像を収録した後、同一位置関係のまま^{99m}Tc-大凝集アルブミン 4~6 mCi を静注し、前面像を収録した。この像から混在している HSA 像を減算し、補正した肺血流シンチグラム $M(x, y)$ (Fig. 3b) を求めた。HSA の前面像において、左肩関節附近に ROI を指定し、その 1 画素当たりの平均値を全画素から減算し、バックグラウンド(胸壁の HSA)を除去した像 $H_A(x, y)$ (Fig. 3a)

を求めた。 $H_A(x, y)$ に $M(x, y)$ から抽出した等計数曲線を重ね合わせ (Fig. 3c), 肺血液プールを十分含み、かつ、心臓や肝臓などの肺外部を可及的除外するような等計数曲線を肺輪郭として 1 側肺ごとに選択した。これより、各肺輪郭内の総カウントの和を求め、これを投与量 (ID) で除し肺の HSA 分布率を算出した。本例の HSA 分布率(血液量)は 4.9% (267 ml) であった。

5) 心電図同期心プールシンチグラムの利用

シンチカメラ (ZLC-7500, Siemens)—Scintipac 2400 (島津) を用い、1)~4) と同様に動態像のデータ収集をした後、両室が最も良好に分離される位値(左前斜位)で心電図同期心プールシンチグラムを得た。すなわち、1 心周期を 40~50 msec に分割したマルチゲート法で、800 心拍加算の平衡像のデータ収集を行った。これより各種の心機能指標や機能イメージを算出・作成するとともに位相イメージを得た。次に拡張終期の心プール像において、2) と同様に左室外側の肺野に ROI を指定し、バックグラウンドを除去した像を求め、この像に位相イメージから視覚的に抽出した右室と左室の輪郭を重ね合わせた。各輪郭内の総カウントを求め、それぞれを投与量 (ID) で除して右室および左室の HSA 分布率を算出した。

なお、以上の各定量法に先立ち、9 点スムージング、4 画素当たりの平均値を算出するなどの前処理を行い、また、局所分布量は投与量または上縦隔のカウントに対する比として表示した。また、各血液プールの輪郭は 3 人の医師により、合議決定された。

6) 循環血液量の測定

34 例において、^{99m}Tc-HSA 約 400 μ Ci を肘静脈より静注し、10 分後に対側の肘静脈より採血し、標準試料とともにウェル型シンチレーションカウンタにより測定し、希釈法により算出した。

対象は心疾患 41 例、心膜液貯留群 (pericardial effusion, PE) 5 例、呼吸器疾患 75 例である。心疾患は大動脈弁膜症 5 例、僧帽弁膜症と連合弁膜症の各 4 例、心筋梗塞症 5 例、狭心症 4 例、特発性心筋症 7 例、心アミロイドーシス 3 例、その他 9

例などであり、これらは左心不全症候(呼吸困難、肺ラ音、胸部X線像における肺うっ血像)の有無により、左心不全(left heart failure, LHF)を有する群(LHF(+))17例と有さない群(LHF(-))24例に区分した。呼吸器疾患は原発性肺癌29例、肺結核13例、慢性閉塞性肺疾患9例、びまん性間質性肺炎4例、その他20例であり、これらは²⁰¹Tl心筋シンチグラムによる右室壁の描出度で、左室壁に近似する程度の高度描出(++)・肺性心(cor pulmonale, CP)9例、右室腔を識別できる中等度描出(+) (RV(+))36例、軽度描出(+)・正常(RV(+))21例の3群に区分した。対照は9例で、胸部写真、心電図、心筋シンチグラム、心カテーテル所見などに異常を認めず、かつ、肺血流シンチグラムが正常ないし軽度な異常のみの症例である。

III. 結 果

1. 関心領域の設定について

心・大血管系のHSA分布率は左前斜位像から例外なく算出され、また、等計数曲線からほぼ適切なROIを設定できたが、症例により頸動・静脈や肝臓を除外するために直線による設定も必要

とした。右室は右房との完全な分離が困難なため右房+右室の値として算出した。輪郭として選択された等計数曲線は心・大血管系で最高カウントの50~60%、心室で20~30%のレベルが多く、ほぼ満足し得る結果が得られたが、右房・右室は上大静脈や肺動脈と、左室は上行大動脈や左房との明確な分離が困難な場合も認められた。なお、1)~3)の方法ではデータ収集前に撮像方向が決定されるため、右室と左室の分離が不良な例も認められたが、5)の方法では良好な撮像体位を選択できる点で有用であった。また、肺輪郭の設定では、肺血流障害による肺輪郭の縮小・歪曲や心臓・肝臓などの肺外血液プールの混入などが認められた例もある。

2. 各血液プールのHSA分布率

1) 右房・右室のHSA分布率(Fig. 4): 対照(3.4±0.6%)に比し、LHF(+)群、LHF(-)群、CP群およびRV(+)群は有意な高値を示した。LHF(+)群は他群に比し有意に高値であり、CP群はPE群、RV(+)群、RV(+)群などより高値を示した。2) 左室のHSA分布率(Fig. 5): LHF(+)群とLHF(-)群はばらつきは大きいが他群に比し、また、LHF(+)群はLHF(-)群に比し有意

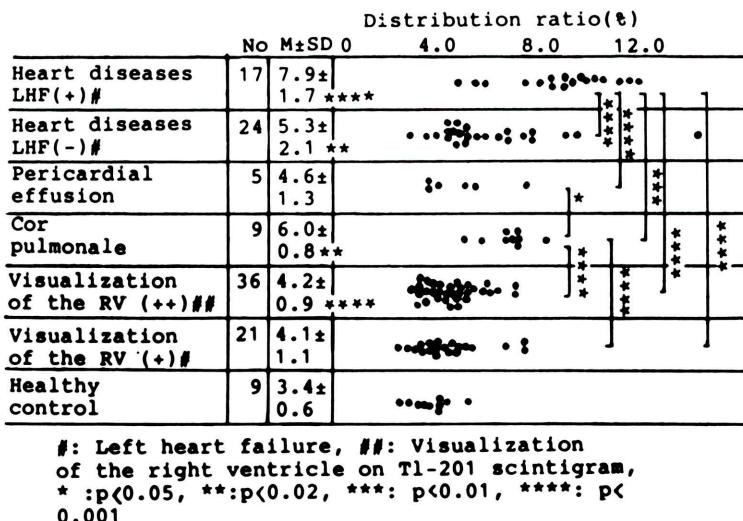
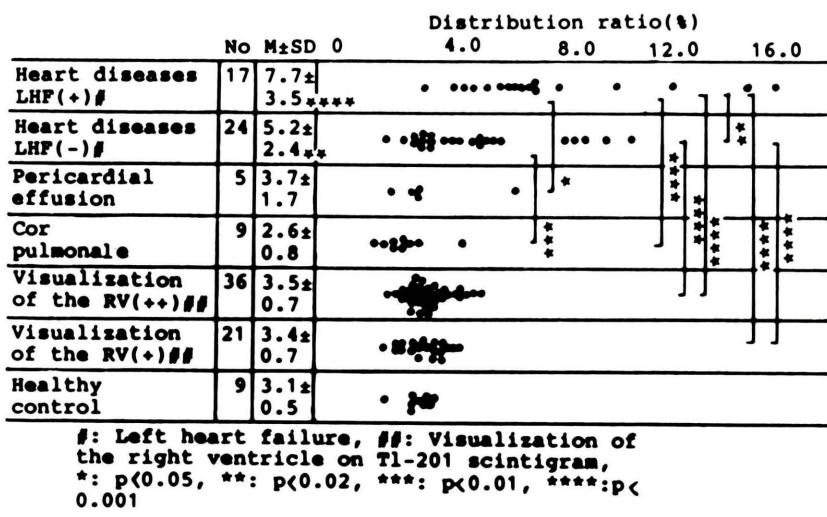
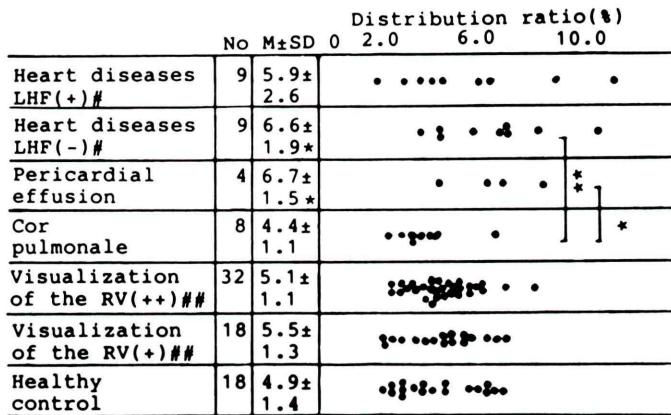


Fig. 4 Distribution ratio of ^{99m}Tc-albumin in the right ventricle including the right atrium.

Fig. 5 Distribution ratio of ^{99m}Tc-albumin in the left ventricle.

#: Left heart failure, ##: Visualization of the right ventricle on Tl-201 scintigram,
*: p<0.05, **: p<0.02

Fig. 6 Distribution ratio of ^{99m}Tc-albumin in the both lungs.

な高値を示した。3)肺のHSA分布率(Fig. 6):対照($4.9 \pm 1.4\%$)に比し,LHF(-)群とPE群は有意に高値であるが,LHF(+)群はばらつきが大きく有意でない。CP群はLHF(-)群,PE群に比し低値である。4)心・大血管系のHSA分布率(Fig. 7):対照($10.4 \pm 2.0\%$)に比し,LHF(+)群,LHF(-)群とCP群は有意な高値を示した。LHF(+)群は他群に比し,また,LHF(-)群とCP群はRV(+)群,RV(+)群に比し有意に高

値である。5)右房・右室と左室のHSA分布率の和:対照($6.6 \pm 0.9\%$)に比し,LHF(+)群($15.6 \pm 4.4\%$),LHF(-)群($10.5 \pm 3.8\%$),CP群($8.7 \pm 1.2\%$),RV(+)群($7.7 \pm 1.2\%$),RV(+)群($7.9 \pm 1.5\%$)などは有意な高値を示したが,LHF(+)群とLHF(-)群ではばらつきが大きい。

3. 各血液プールの血液量

循環血液量とHSA分布率から各部分の血液量を算出すると,心・大血管系の血液量(Fig. 8)で

	No	M \pm SD	Distribution ratio(%)				
			0	4.0	12.0	20.0	28.0
Heart diseases	17	20.7 \pm 4.3	****	•	•	•	•
LHF(+)#	24	14.9 \pm 3.6	***	•	•	•	•
Heart diseases	5	12.4 \pm 2.2		•	•	•	•
LHF(-)##	9	14.2 \pm 2.4	***	•	•	•	•
Pericardial effusion	36	11.5 \pm 2.4	##	•	•	•	•
Cor pulmonale	21	11.5 \pm 2.4	##	•	•	•	•
Visualization of the RV(++)##	9	10.4 \pm 2.0		•	•	•	•
Visualization of the RV(+)##							
Healthy control							

#: Left heart failure, ##: Visualization of the right ventricle on Tl-201 scintigram,
: $p<0.01$, *: $p<0.001$

Fig. 7 Distribution ratio of 99m Tc-albumin in the cardiac pool.

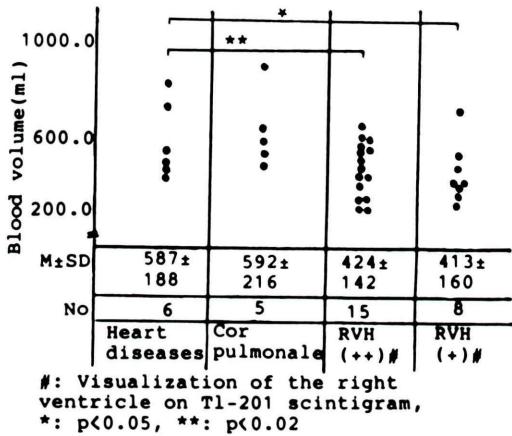


Fig. 8 Blood volume of the cardiac pool.

は、心疾患群が RV(++) 群、 RV(+) 群に比し高値を示した。右房・右室の血液量は心疾患群 (228 ± 113 ml) と CP 群 (230 ± 100 ml) が RV(++) 群 (162 ± 58 ml), RV(+) 群 (158 ± 55 ml) に比し高値の傾向を示した。左室の血液量では心疾患群 (222 ± 127 ml) が RV(++) 群 (130 ± 37 ml), CP 群 (102 ± 16 ml) に比し有意な高値を示し, CP 群は他の 3 群に比し低値の傾向を示した。肺血液量は心疾患群 (202 ± 50 ml), CP 群 (174 ± 67 ml), RV(++) 群 (189 ± 70 ml), RV(+) 群 (184 ± 66 ml) などの間に有意差を認めなかった。

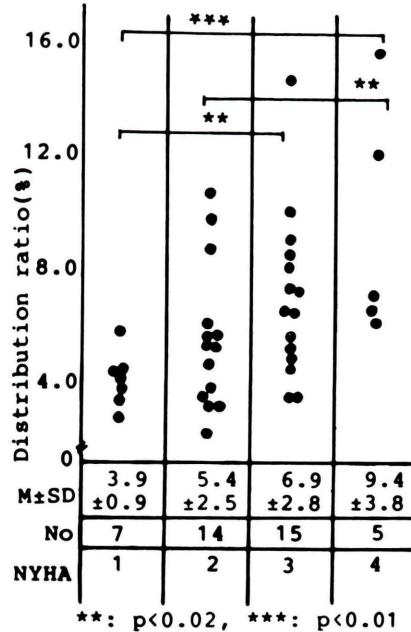


Fig. 9 Distribution ratio of 99m Tc-albumin in the left ventricle according to functional classification of NYHA.

4. NYHA 心機能分類との関係

1) 左室の HSA 分布率 (Fig. 9): I 度から IV 度へと高値になり, IV 度は I 度と II 度に対し, また, III 度は I 度に対し有意に高値であるが, III

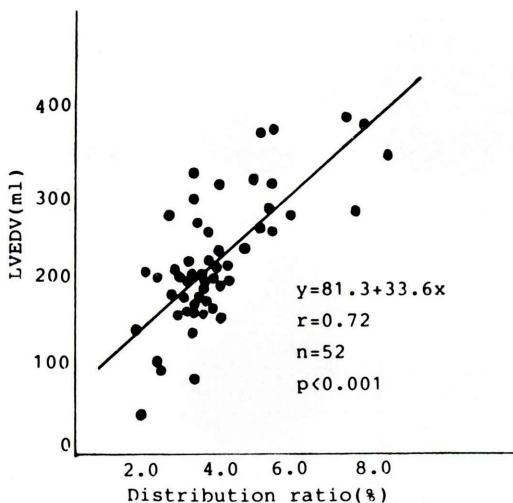


Fig. 10 Relationship between distribution ratio of ^{99m}Tc-albumin in the left ventricle and left ventricular end-diastolic volume (LVEDV) by contrast ventriculography.

度とIV度の間に有意差を認めない。2)右房・右室のHSA分布率:III度(7.4±2.5%)とIV度(8.7±1.3%)はI度(4.9±1.2%)とII度(5.3±1.6%)に比し高値を示すが、III度とIV度の間に有意差を認めなかった。3)右房・右室と左室のHSA分布率の和:IV度(17.1±4.0%)はI度(8.4±2.4%),II度(9.2±3.0%),III度(13.8±4.5%)などに比し、また、III度はII度に比し有意に高値であるが、III度とIV度の間に有意差を認めなかった。

5. 心カテーテル所見との関係

右房・右室のHSA分布率は右房平均圧、右室の収縮期圧・拡張期圧・拡張終期圧、心拍出量、心係数などと相関を認めなかった。左室のHSA分布率は肺動脈楔入圧、左室の拡張期圧・拡張終期圧、心拍出量、心係数などと相関を認めないが、心室造影による左室拡張終期容積との関係(Fig. 10)で有意の相関を認めた。心・大血管系のHSA分布率および右房・右室と左室のHSA分布率の和は肺動脈楔入圧、左室拡張終期圧、心係数などとの相関を認めないが、心胸郭係数との間に前者がr=0.60(p<0.001),後者がr=0.57(p<0.001)の相関を認めた。

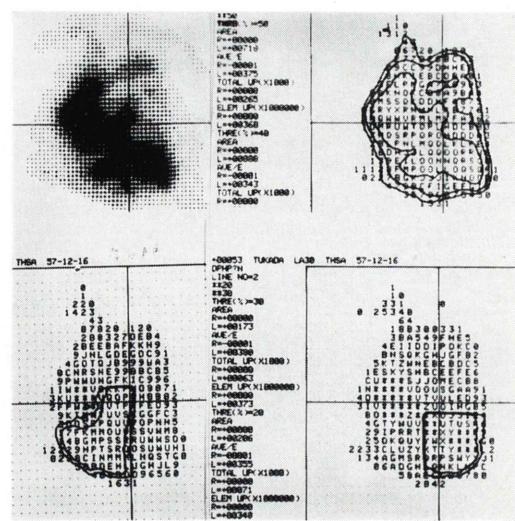


Fig. 11 a|b
c|d A case of aneurysm of the ascending aorta with aortic regurgitation.

a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°) showing dilatation of the both ventricles and ascending aorta, b: The image of Fig. 11a superimposed with itself, c: The image of Fig. 11a superimposed with the image of the right ventricle including the right atrium, d: The image of Fig. 11a superimposed with the image of the left ventricle.

IV. 症例呈示

1) T.K., 72歳, 男性, 上行大動脈瘤

大動脈閉鎖不全を合併し、左心不全を伴う。心胸郭係数70.5%,心エコー図で左房径39mm,左室拡張終期径77mm,左室拡張終期容積307ml,駆出分画0.37である。心プールシンチグラム(左前斜位30°)(Fig. 11a)で両室拡大、上行大動脈の拡張を認める。HSA分布率は心・大血管系(Fig. 11b),右房・右室(Fig. 11c),左室(Fig. 11d)が26.5%,7.5%,7.1%,前者から後2者を減算した値が11.9%と全てが高値を示し、両室拡大や上行大動脈瘤に合致する成績である。肺のHSA分布率は2.8%である。

2) Y.S., 76歳, 女性, 陳旧性心筋梗塞症

左心不全を伴い、胸部写真上心胸郭係数67.0%で肺うつ血像を認める。心プールシンチグラム(Fig. 12a)で左室拡大を認め、HSA分布率は心・

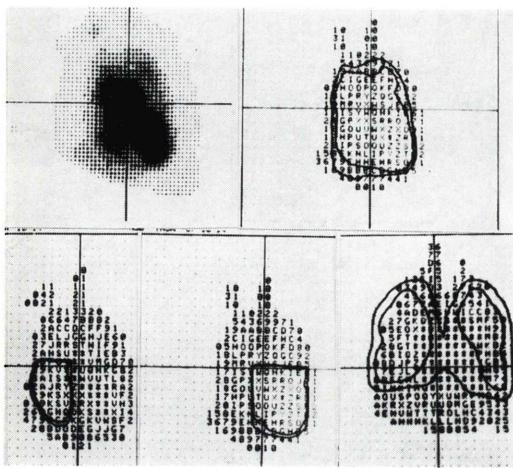


Fig. 12 a|b
c|d|e A case of old myocardial infarction.
a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°) showing dilatation of the left ventricle, b: The image of Fig. 12a superimposed with itself, c: The image of Fig. 12a superimposed with the right ventricle including the right atrium, d: The image of Fig. 12a superimposed with the left ventricle, e: Cardiac pool scintigram (anterior image) superimposed with iso-count lines of perfusion lung scintigram.

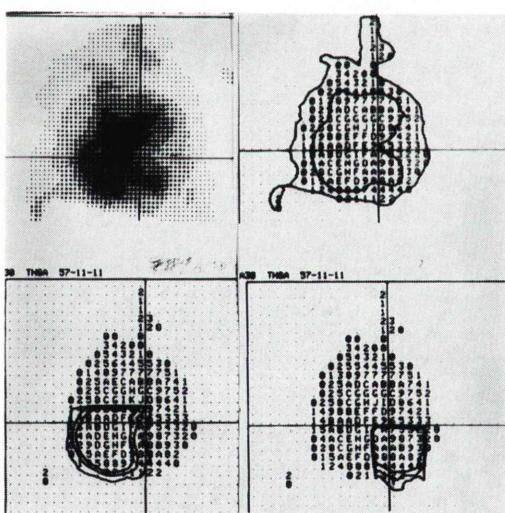


Fig. 13 a|b
c|d A case of Pickwickian syndrome.
a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°), b: The image of Fig. 13a superimposed with itself, c: The image of Fig. 13a superimposed with the right ventricle including the right atrium, d: The image of Fig. 13a superimposed with the left ventricle.

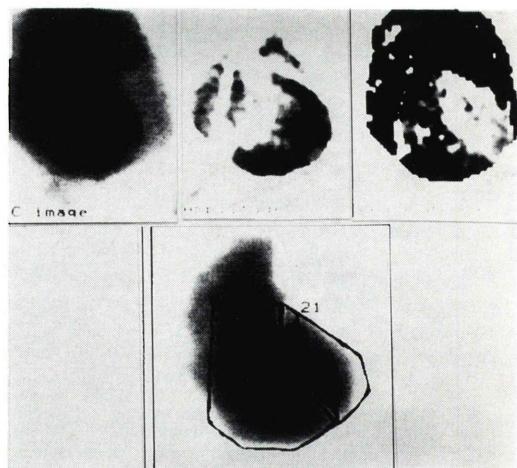


Fig. 14 a|b|c
d A case of atrial septal defect.

a: Cardiac pool scintigram (LAO 30°), b: Amplitude image, c: Phase image, d: End-diastolic image of ECG-gated cardiac pool scintigram superimposed with lines of ventricular edges obtained from phase image.

大血管系 (Fig. 12b) 30.3%, 右房・右室 (Fig. 12c) 9.0%, 左室 (Fig. 12d) 15.6%, 肺 (Fig. 12e) 10.8% と各値とも高値である。

3) Y.K., 41歳, 男性, ピックウィック症候群
多血症 (赤血球数 $726 \times 10^4/\text{mm}^3$) を認め, 心胸郭係数 52.8%, 心エコー図で左室拡張終期径 38 mm, 左室拡張終期容積 55 ml である. 循環血液量 6,568 ml, 循環赤血球量 3,861 ml である. 心プールシンチグラム (Fig. 13a) から HSA 分布率 (血液量) を算出すると, 心・大血管系 (Fig. 13b) は 16.0% (1,051 ml), 左室 2.8% (184 ml), 右房・右室 6.0% (394 ml), 肺 6.8% (447 ml) で, 後 2 者が高値である.

4) S.H., 30歳, 男性, 心房中隔欠損症
胸部写真で心胸郭係数 48.3% で肺血管陰影の増強を認める. 心カテーテル所見で左-右短絡率 70.0%, 心拍出量 6.70 l/分, 左室拡張終期容積 191.0 ml, 駆出率 0.79 である. Fig. 14a, b, c は心電図同期・マルチゲート法で得られた心プール像, 振幅イメージ, 位相イメージである. Fig. 14d は

拡張終期の心プール像に位相イメージから抽出した右室と左室の輪郭を重ね合わせた像であり、HSA 分布率は左室 3.7%，右室 9.7%，心・大血管系 21.4%，両肺 10.9% (右肺 7.5%，左肺 3.4%) と後 3 者が高値を示す。

V. 考 案

心腔の拡張・心筋肥大の診断は心疾患の診断、病態の評価に重要である。心腔容積の評価には種種の方法が用いられているが、非侵襲性、簡便性、定量性、精度などの点で、一長一短を有する。核医学的には、²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィによる心室の壁厚・内径の測定¹⁾、心放射図による平均血流量の算出³⁾、心電図同期心プールシンチグラフィ^{2,5~7,9,10)} や RI-アンジオグラフィ⁸⁾による心室容積の算出などが報告され、おのおのに特徴を有するが、count-based 法は area-length 法に比し幾何学的影響を受けにくい点で有用とされる。

心放射図法³⁾では右心 110~190 ml/m²、左心 110~200 ml/m² (両者で循環血流量の 11.1±1.2%)、肺血流量 230~390 ml/m² (11.5±1.1%) とされる。シンチグラムによる左室容積は、Dehmer⁶⁾が心疾患で 84~585 ml (平均 85.4±87.05 ml)、Slutsky⁵⁾が冠動脈疾患で 40~293 ml (125.9±71.8 ml) と報告している。対象、方法は異なるが、これらの値に比し、HSA 分布率は心腔で高目、肺で低目であった。また、心室造影による左室容積との関係で、林田⁷⁾および安田⁸⁾らの方法は良好な相関を示しているが、本法でも満足すべき結果が得られた。

HSA 分布率は投与量に対する分布量の割合、すなわち、循環血流量で正規化されており、絶対容積と異なる意味で、しかも循環血流量から概略的な容積も算出できる点で有用である。今回、左室の HSA 分布率は心腔容積と対比できたが、右室や心・大血管系の値は適当な指標がないために心腔容積との直接的な対比ができなかった。しかし、右房・右室の HSA 分布率は²⁰¹Tl 像などで右室肥大を認める症例で高値を示したこと、また、右房・右室と左室の値の和や心・大血管系の値が

心胸郭係数と相關を示したことなど、間接的な成績に加え、左室の値が左室容積と相關したことから、右房・右室および心・大血管系の値も血液プールの容量を反映することが示唆された。すなわち、心腔の HSA 分布率は心腔容積を反映し、かつ、心不全の有無や NYHA 心機能分類との関連を認め、さらに肺の HSA 分布率も心疾患で高値を示すなど、疾患や病態で一定の傾向が窺われ、本法が心疾患の病態を評価するうえに役立つ可能性が示された。

本法の問題点を挙げると、1) ROI の設定で、右房は上大静脈と、右室は右房や肺動脈と、また、左室は左房や上行大動脈と明確に分離することが困難である。最近は位相イメージの利用で各心室の ROI 設定が容易となった。2) 輪郭抽出が主観的、視覚的である。しかし、選択された等計数曲線は中嶋ら¹³⁾の実験成績にほぼ一致しており、本法では画像上の位置関係を判断しながら症例ごとに輪郭を決定することが適切と考えられる。3) 線減弱を補正していない。安野^{9,10)}は線減弱の補正により良好な成績を得ているが、HSA 分布率は同様な測定条件下の HSA 分布量と投与量の比であり、絶対容積と異なり減衰による影響は比較的小ないと考えられる。4) 二次元像 (前面像) を利用しているため、肺の HSA 分布率は肺血流量の局所分布の変化や心拡大に伴う肺血流量プールの大きさや吸収率の変化の影響を受ける。すなわち、心拡大により、心臓の圧迫で肺血流量が後上方へ移動し吸収率の影響が大きくなること、心臓と重なる (計算から除外される) 肺部分が増大すること、設定される肺輪郭が縮小することなどより、HSA 分布率は過少評価される。さらに左心不全 (肺うっ血、肺高血圧) に伴う肺血流量の前上方などへの移動も値に影響する。以上の点は、左心不全 (+) の心疾患で HSA 分布率が高値から低値まで、大きなばらつきを示した一因として考慮する必要がある。なお、僧帽弁膜症では NYHA IV 度でも肺血流量が減少する¹⁴⁾といわれ、今回の成績と符合する。5) 摄像位置が検査前に固定されており、適切な選択ができない。多くの症例は左前

斜位30度で両心室の分離が良好であったが、分離の不良な症例もあり、この点、位相イメージを利用する5)の方法は適切な撮像位置を選択でき有用である。6)バックグラウンド処理に関し、バックグラウンドには肺・胸壁由来の成分以外に、下行大動脈の重なりなどの除去し難い成分もあった。7)今回利用した心電図非同期像は拡張期像に近似するといわれるが、症例で示したごとく、心電図同期法による拡張終期像を利用すべきである。8) $^{99m}\text{Tc-HSA}$ は生体内において破壊、遊離による不安定性が指摘されている。この点で血中放射能量の変動が少ない *in vivo* 標識 ^{99m}Tc -赤血球¹⁵⁾ の利用も検討すべきである。

本法の特徴として、1) $^{99m}\text{Tc-HSA}$ の動態像と心プール像の併用により、投与量の算出と心室血液プールの輪郭設定が可能であること、2) 右房・右室、左室、心・大血管系全体および肺の分布率を同時に算出できること、3) 分布率は全身分布量に対する割合として正規化されていることなどである。著者らは ^{201}Tl 像から肺血管外水分量の指標として ^{201}Tl 肺摂取率を、また、心プール像から肺血液量の指標として $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 肺分布率を算出し、肺うつ血や肺水腫などの心機能異常の評価に有用^{11,12)} であることを認めた。この点で、本法は肺のみならず各心腔の血液量の指標を ^{201}Tl 肺摂取率とほぼ同様な条件下に算出できるため、各指標の対比が容易となり、それらの意味づけに役立った。本法は測定精度に問題を有し、正確な容積(血液量)を算出できないが、簡便に各種の指標が得られ、心疾患の病態を理解するうえに有用である。

VI. 結 語

^{99m}Tc -アルブミン(HSA)の心プールシンチグラフィを利用して、心腔、肺の $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 分布率を算出した。1) 対照、肺性心、左心不全(+)の心疾患の $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 分布率は右房・右室が $3.4 \pm 0.6\%$ 、 $6.0 \pm 0.8\%$ 、 $7.9 \pm 1.7\%$ 、左室が $3.1 \pm 0.5\%$ 、 $2.6 \pm 0.8\%$ 、 $7.7 \pm 3.5\%$ 、心・大血管系が $10.4 \pm 2.0\%$ 、 $14.2 \pm 2.4\%$ 、 $20.7 \pm 4.3\%$ であった。2) 左

室の $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 分布率は心室造影による拡張終期容積と有意な相関を認めた。3) 右房・右室と左室の $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 分布率は NYHA 心機能分類との関連を示した。4) 肺分布率は対照 $4.9 \pm 1.4\%$ 、左心不全(+)の心疾患 $6.6 \pm 1.9\%$ 、肺性心 $4.4 \pm 1.1\%$ であった。5) 本法は各心腔および肺の血液量を推定し、心疾患の病態を評価するうえに役立つ。

文 献

- 1) 飯尾正宏、小林毅、村田啓：心臓核医学の実際。医学書院、東京、1980, p. 56
- 2) 西村恒彦：心臓核医学の臨床。永井書店、大阪、1983, p. 176
- 3) 鳥塚莞爾：核医学大系7、臨床核医学、心血管系。実業公報社、東京、1976, p. 20
- 4) 鳥塚莞爾：核医学大系7、臨床核医学、心血管系。実業公報社、東京、1976, p. 35
- 5) Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide angiography: A new method. Circulation **60**: 556-564, 1979
- 6) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, et al: Non-geometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. Am J Cardiol **45**: 293-300, 1980
- 7) 林田孝平、西村恒彦、植原敏勇、他：*In vivo* ^{99m}Tc -赤血球標識を用いた心拍同期心プール・スキャンによる左室容積の解析。核医学 **19**: 943-950, 1982
- 8) 安田寿一、宮本篤、金森勝士：左室 RI アンジオグラフィと X 線シンチグラフィとの比較。呼と循 **30**: 265-273, 1982
- 9) 安野泰史、竹内昭、江尻和隆、他：Count-based 法を用いた平衡時心電図同期心プールシンチグラフィによる左室絶対容積の算出——第一報 ファントム実験による検討——。核医学 **24**: 1717-1722, 1987
- 10) 安野泰史、竹内昭、江尻和隆、他：Count-based 法を用いた平衡時心電図同期心プールシンチグラフィによる左室絶対容積の算出——第二報 臨床例による検討——。核医学 **24**: 1723-1729, 1987
- 11) 藤井忠重、平山二郎、金井久容、他：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
- 12) 藤井忠重、平山二郎、金井久容、他： ^{99m}Tc -アルブミン及び ^{201}Tl の肺分布率の算出。核医学 **19**: 1393, 1982
- 13) 中嶋憲一、山田正人、分校久志、他：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

- 14) 笹本 浩, 日野原茂雄:新内科学大系 31A, 循環器疾患 IIa. 中山書店, 東京, 1978, p. 329
 15) 林田孝平, 西村恒彦, 植原敏勇, 他: *In vivo* 標識

^{99m}Tc -赤血球における標識率の検討——RI アンジオグラフィーにおける応用——. 核医学 **18**: 495-501, 1981

Summary

Evaluation of ^{99m}Tc -Albumin Distribution Ratio in Cardiac Chambers and Lungs

Tadashige FUJII*, Hisakata KANAI*, Masao TANAKA*, Jun KONO*,
 Yoshiki HIROSE*, Jiro HIRAYAMA*, Minoru HONGO*, Hiromi YAMADA*,
 Shinichi OKUBO*, Kenjiro HANDA* and Kesato YANO**

*First Department of Internal Medicine, Shinshu University School of Medicine

**Division of Radiology, Shinshu University Hospital

In order to assess blood volume of the cardiac chambers and lungs, distribution ratio of ^{99m}Tc -albumin (HSA) was obtained from radionuclide angiogram and non-gated or gated equilibrium cardiac pool scintigram, using a scintillation camera coupled to a minicomputer. The radioactivity of ^{99m}Tc of the entire cardiac blood pool including the large vessels (T), the right ventricle including the right atrium (RV) and the left ventricle (LV) was calculated from the 30° anterior oblique cardiac pool scintigram. That of the both lungs (Lu) was calculated from the anterior cardiac pool scintigram. The radioactivity of total injected dose of HSA (H) was estimated from the initial transit of the tracer obtained by the radionuclide angiogram. Then, distribution ratio of HSA of the each region of interest was expressed as RV/H, LV/H, T/H and Lu/H.

RV/H, LV/H and T/H were $3.4 \pm 0.6\%$, $3.1 \pm$

0.5% and $10.4 \pm 2.0\%$ in controls, $6.0 \pm 0.8\%$, $2.6 \pm 0.8\%$ and $14.2 \pm 2.4\%$ in cor pulmonale, and $7.9 \pm 1.7\%$, $7.7 \pm 3.5\%$ and $20.7 \pm 4.3\%$ in heart diseases with left heart failure, respectively. Lu/H was $4.9 \pm 1.4\%$ in controls, $4.4 \pm 1.1\%$ in cor pulmonale and $6.6 \pm 1.9\%$ in heart diseases without left heart failure. LV/H was correlated with left ventricular end-diastolic volume by contrast ventriculography. LV/H and RV/H were related with functional classification of NYHA. In conclusion, these parameters may be utilized as indices of the volume of blood pool of the heart chambers and lungs, and this method seems to be clinically applicable for the evaluation of pathophysiology in heart diseases.

Key words: ^{99m}Tc -albumin, Cardiac pool scintigram, ^{99m}Tc -albumin distribution ratio, Ventricular volume, Pulmonary blood volume.