

《原 著》

^{99m}Tc -アルブミン肺分布率および ^{201}Tl 肺摂取率による肺血管内・肺血管外スペースの評価

藤井 忠重* 田中 正雄* 本郷 実* 中塚 龍也*
 平山 二郎* 広瀬 芳樹* 吉村 一彦* 大久保信一*
 小林 俊夫* 半田健次郎* 矢野今朝人** 横田 憲一**

要旨 心疾患において ^{99m}Tc -アルブミン (HSA) および ^{201}Tl (Tl) のシンチグラフィから 1 側肺と両肺当たりの HSA 分布率および Tl 肺摂取率を算出し、その意義を検討した。HSA 肺分布率と Tl 肺摂取率は心拍出量、心係数と負の相関を、また、Tl 肺摂取率は肺動脈楔入圧と正の相関を示した。両指標および Tl 肺摂取率/HSA 肺分布率の比は心不全 (+) の心疾患で、また、Tl 肺摂取率は心不全 (-) の心疾患で有意な高値を示した。両指標は相関を示したが、明らかなミスマッチも認められ、局所肺での ^{201}Tl 分布と肺血流分布もほぼ同様な関係を示した。本法は同一条件下に肺全体および局所肺における肺血管内スペースと肺血管外スペースの大きさを描画・定量化でき、心疾患の病態を評価する一助になる。

I. はじめに

肺うっ血は肺静脈圧の上昇を意味し、低心拍出量とともに左心不全の基本病態であり、肺血液量の変動 (増加または減少)、肺血管外水分量の増大、肺循環時間の延長などを示す。このため、肺血液量および肺血管外水分量の測定は心疾患の病態、特に左心不全を評価するうえに重要である。この目的で二重指示薬稀釈法を含め種々の方法が用いられているが、非侵襲性、定量性、精度などの多くの点を満足する日常臨床的な方法は未だ確立されていない¹⁾。近年、心臓核医学の発展は目覚ましく、各種心機能指標の測定は日常的に行われているが、肺血液量や肺血管外水分量の測定、特にシンチグラフィを応用した測定に関する報告は少ない。

著者らは ^{201}Tl 心筋シンチグラムにおいて、 ^{201}Tl 肺集積はその大部分が血管外スペースに分布し²⁾、肺うっ血・間質性肺水腫を反映すること、その指標として ^{201}Tl 肺摂取率が有用であることなど^{3,4)}を報告してきた。本論文では肺血管外スペースと肺血管内スペースの状態を同時に推定する目的で、拡散性および非拡散性物質として ^{201}Tl および ^{99m}Tc -アルブミン (HSA) を用い、シンチグラムから ^{201}Tl 肺摂取率および HSA 肺分布率を算出し、心疾患を主体に心カテテル所見などとの対比を行い、本法の臨床的意義を検討した。

II. 方法・対象

^{201}Tl 肺摂取率の測定法はすでに報告^{3,4)}したので略述する。装置は高感度平行多孔コリメータを装着したシンチカメラミニコンピュータシステムを用いた。 $^{201}\text{TlCl}$ (以下 Tl) 74~148 MBq (2~4 mCi) を背臥位で右肘静脈よりボーラスとして静注し、 $80 \pm 20\%$ KeV のエネルギーを選択し、1~2 秒間隔で 60 秒間の動画像を収録した。各種方向の心筋像を収録した後、約 20 分後に胸部前面

* 信州大学医学部第一内科

** 同 中央放射線部

受付: 2 年 1 月 25 日

最終稿受付: 2 年 6 月 12 日

別刷請求先: 松本市旭 3-1-1 (☎ 390)

信州大学医学部第一内科

藤井 忠重

像を収録した。次に検出器と患者の位置関係を同一にしたまま、 ^{99m}Tc -大凝集アルブミン(MAA) 185 MBq (5 mCi) を静注し、 $140 \pm 20\%$ KeV のエネルギーで肺血流シンチグラム(前面像)を収録した。TI 肺摂取率(L/T)の算出法は、まず、TI 前面像において、バックグランド(胸壁に分布する TI)を除去するために左肩関節部に関心領域(ROI)を設定し、その1画素当たりの平均カウントを全画素からサブトラクトし、これに肺血流シンチグラムから任意の本数の等計数曲線を抽出し重ね合せた。この合成画像で肺輪郭、すなわち、最も大きく、かつ、心臓、肝臓などの周辺臓器の集積を含まない等計数曲線を1側肺ごとに選択し、その範囲内の総カウント(L)を求めた。TI 動画像から TI が中心循環系を初回に通過する際の各フレームの総カウントを求め、その最高値を TI 投与量(T)とし、TI 肺摂取率 L/T を算出した。

^{99m}Tc -アルブミン(以下 HSA)の肺分布率の算出方法⁵⁾も TI 肺摂取率とほぼ同様である。すなわち、HSA 158~222 MBq (4~6 mCi) を静注し、 $140 \pm 20\%$ KeV のエネルギーにより 1~2 秒間隔で 60 秒間の動画像を収録し、約 10 分後に平衡像(前面像)を収録した。同一体位を保持したまま ^{99m}Tc -MAA 185 MBq (5 mCi) を静注し肺血流シンチグラムを収録した。HSA 像(前面像)において、バックグランド(胸壁に分布する HSA)を除去するために左肩関節附近に ROI を指定し、その1画素当たりの平均値を全画素からサブトラクトした。この画像に、混在する HSA 成分をサブトラクトし補正した肺血流シンチグラムから任意の本数の等計数曲線を抽出し重ね合せた。この合成画像で、1側肺ごとに肺輪郭、すなわち、肺血液プールを可及的大きく含み、かつ、心・大血管や肝臓の血液プールを含まないような等計数曲線を選択し、その範囲内の総カウント(H)を求め、HSA の動画像より TI 投与量の場合と同様にして求めた HSA 投与量(T')とから肺分布率 H/T' を算出した。

対象は左心不全(+)の心疾患27例(弁膜症19例、虚血性心疾患3例、特発性心筋症2例、その他3

例)、左心不全(-)の心疾患24例(弁膜症7例、虚血性心疾患7例、心室中隔欠損症3例、特発性心筋症と解離性大動脈瘤の各2例、その他3例)、びまん性間質性肺炎18例、慢性閉塞性肺疾患15例、サルコイドーシス3例、珪肺5例、原発性肺癌32例、肺結核24例である。なお、左心不全の有無は呼吸困難、肺水泡性ラ音、胸部 X 線像での肺うっ血・肺水腫像などの左心不全症候の有無で判定した。対照群は健常4例と肺・縦隔疾患の内、限局性小病巣で正常肺機能を示し、肺血流シンチグラムがほぼ正常な14例の計18例である。

III. 結 果

実例を Fig. 1 に示す。症例は 49 歳、男性、特発性心筋症で左心不全を認めず、CTR 47.0% である。肺動脈楔入圧 12 mmHg, 肺動脈圧 26/11 (16) mmHg, 心拍出量 5.63 l/min, 心係数 3.27 l/min/m² である。 ^{201}Tl 像 (Fig. 1a) で右肺に軽度

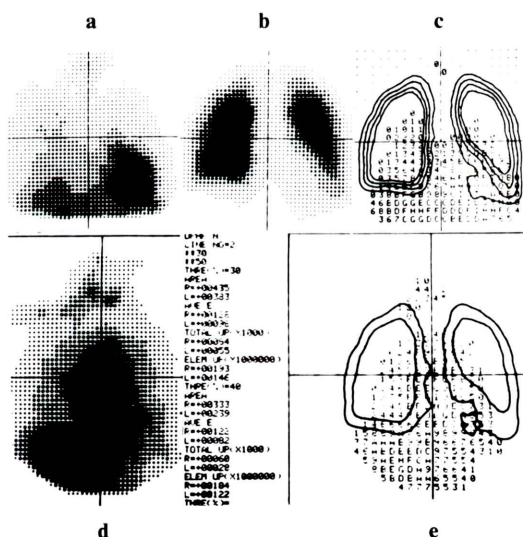


Fig. 1 Scintigrams of a case with idiopathic cardiomyopathy.

a: ^{201}Tl image showing slight uptake of ^{201}Tl in the right lung, b: Perfusion image showing slight perfusion decrease in the left lower lung field, c: ^{201}Tl image superimposed with perfusion lung image, d: Cardiac pool image with ^{99m}Tc -albumin, e: Cardiac pool image superimposed with perfusion lung image.

な肺集積を，また，肺血流シンチグラム (Fig. 1b) で左下肺野に軽度の血流減少を認める．Fig. 1c は ^{201}Tl 像に線図形化した肺血流シンチグラムを重ねた像であり， Tl 肺摂取率は右肺 3.3%，左肺 2.5% となる．Fig. 1d は HSA 像，Fig. 1e は線図形化した肺血流シンチグラムを重ねた HSA 像であり，HSA 肺分布率は右肺 6.6%，左肺 2.4% と高値を示す．なお，20例において，肺輪郭（等計数曲線）を 5% 縮小した場合の HSA 肺分布率と Tl 肺摂取率の変化分を算出すると，それぞれ $0.6 \pm 0.3\%$ ， $0.5 \pm 0.2\%$ と軽度の減少であった．

心疾患 22 例で Tl 肺摂取率と HSA 肺分布率を右肺値，左肺値および両肺値として算出し，心カテーテル所見との関係を検討した．肺動脈楔入圧 (PCW) との関係では，HSA 肺分布率は右肺，左肺，両肺とも相関を認めず，また， Tl 肺摂取率は右肺 ($\gamma=0.41$) は相関を認めないが，左肺 ($\gamma=0.48$ ， $p<0.05$) と両肺 ($\gamma=0.47$ ， $p<0.05$) は粗な相関を示した (Fig. 2)．心拍出量との関係では，HSA 肺分布率は左肺 ($\gamma=-0.28$) は相関を認めないが右肺 ($\gamma=-0.57$ ， $p<0.01$) と両肺 ($\gamma=-0.54$ ， $p<0.01$) は負の相関を示し (Fig. 3)，また， Tl 肺摂取率は右肺 ($\gamma=-0.50$ ， $p<0.02$)，左肺 ($\gamma=-0.52$ ， $p<0.02$) および両肺 ($\gamma=-0.54$ ， $p<0.01$) と負の相関を示した．心係数との関係では，HSA 肺分布率は左肺 ($\gamma=-0.34$) は相関を認めないが，右肺 ($\gamma=-0.68$ ， $p<0.001$) と両肺 ($\gamma=-0.65$ ，

$p<0.001$) は負の相関を認め (Fig. 4)， Tl 肺摂取率は右肺 ($\gamma=-0.57$ ， $p<0.01$)，左肺 ($\gamma=-0.56$ ， $p<0.01$) および両肺 ($\gamma=-0.60$ ， $p<0.01$) と負の相関を示した (Fig. 5)．

HSA 肺分布率と Tl 肺摂取率の関係では，右肺 ($\gamma=0.52$ ， $p<0.02$)，左肺 ($\gamma=0.59$ ， $p<0.01$) および両肺 ($\gamma=0.66$ ， $p<0.001$) と相関を示したが (Fig. 6)，ばらつきを示し，両指標のミスマッチ，殊に Tl 肺摂取率の不均衡な高値が認められた．なお，局所肺でも多くの場合 HSA 分布量と Tl

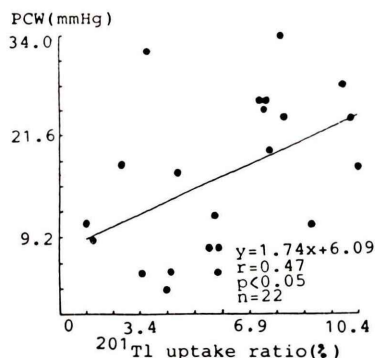


Fig. 2 Relationship between pulmonary artery wedge pressure (PCW) and ^{201}Tl uptake ratio of the both lungs.

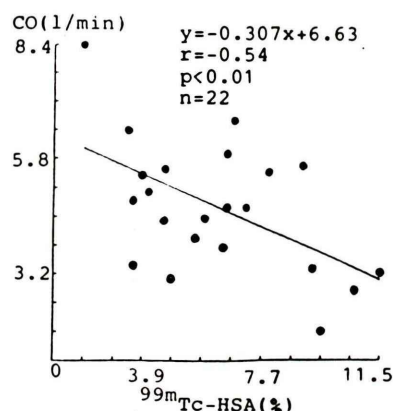


Fig. 3 Relationship between cardiac output (CO) and ^{99m}Tc -albumin distribution ratio (^{99m}Tc -HSA ratio).

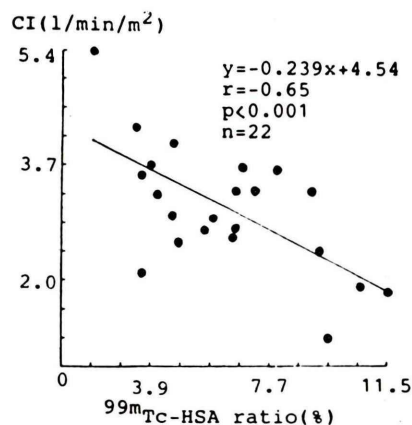


Fig. 4 Relationship between cardiac index (CI) and ^{99m}Tc -albumin distribution ratio (^{99m}Tc -HSA ratio) of the both lungs.

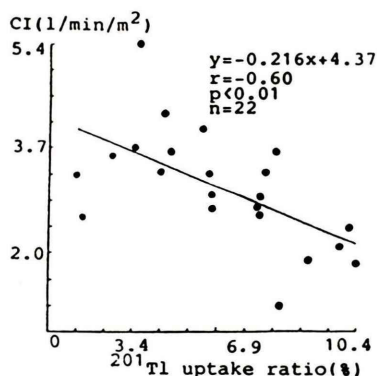


Fig. 5 Relationship between cardiac index (CI) and ^{201}Tl uptake ratio of the both lungs.

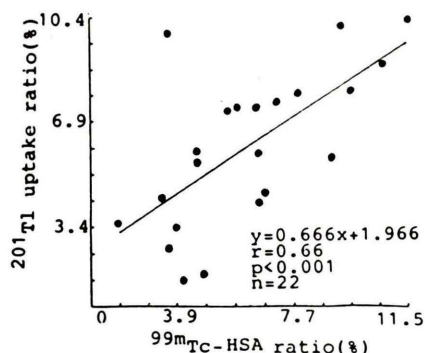


Fig. 6 Relationship between ^{201}Tl uptake ratio and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -albumin distribution ratio ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HSA ratio) of the both lungs.

| | No | M ± SD | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | Ratio (%) |
|-----------------------------------|--------|-----------|---------------------|-----|-----|-----|------|------|-----------|
| Heart diseases LHF(+) | HSA 27 | 7.1 ± 2.9 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 27 | 7.0 ± 2.2 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Heart diseases LHF(-) | HSA 24 | 5.3 ± 1.9 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 24 | 3.9 ± 1.8 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Diffuse interstitial pneumonia | HSA 18 | 5.2 ± 1.4 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 18 | 6.0 ± 1.8 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Silicosis | HSA 8 | 4.6 ± 1.7 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Sarcoidosis | TI 8 | 5.7 ± 2.8 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Chronic obstructive lung diseases | HSA 15 | 3.9 ± 1.2 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 15 | 4.5 ± 2.2 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Primary lung cancer | HSA 32 | 4.7 ± 1.5 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 32 | 3.3 ± 1.8 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Pulmonary tuberculosis | HSA 24 | 4.3 ± 1.5 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 24 | 3.4 ± 2.1 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| Control | HSA 18 | 4.9 ± 1.4 | [Scatter plot data] | | | | | | |
| | TI 22 | 2.8 ± 0.8 | [Scatter plot data] | | | | | | |

Fig. 7 Distribution ratio of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -albumin (HSA) and ^{201}Tl (TI) of the both lungs.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.02$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.001$, LHF#: Left heart failure.

分布量は平行関係にあったが、ミスマッチ、殊に ^{201}Tl 分布量の不均衡な増大が下肺野でみられた。以上、心カテーテル所見との相関で、TI肺摂取率では両肺値が最も良好であり、また、HSA肺分布率でも両肺値は右肺値とほぼ同程度の成績を示した点、さらに両肺全体の量を反映すること、両指標を同一条件下で対比できることなどを考慮すると、両指標とも両肺値を用いるのが妥当と考えられる。

各種疾患におけるTI肺摂取率およびHSA肺分布率(両肺値)をみると(Fig. 7)、対照群は前者が $2.8 \pm 0.8\%$ ($1.5 \sim 4.3\%$)、後者が $4.9 \pm 1.4\%$ ($3.0 \sim 7.0\%$)である。左心不全(+)の心疾患群では両指標ともばらつきは大きいが他疾患に比し高値を示し、左心不全(-)の心疾患では両指標とも前群に比し低値であるが、TI肺摂取率は過半数が対照群の平均値以上を示した。びまん性間質性肺炎では、HSA肺分布率は対照群と有意差を

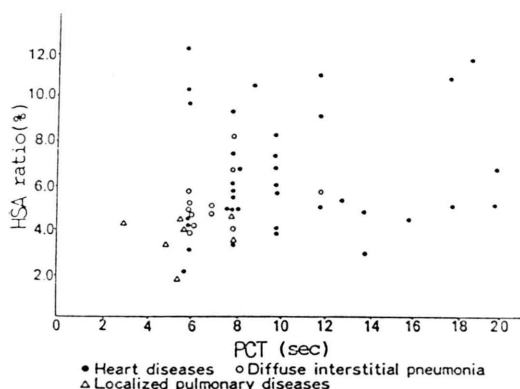


Fig. 8 Relationship between lung distribution ratio of ^{99m}Tc -albumin (HSA ratio) and pulmonary circulation time (PCT).

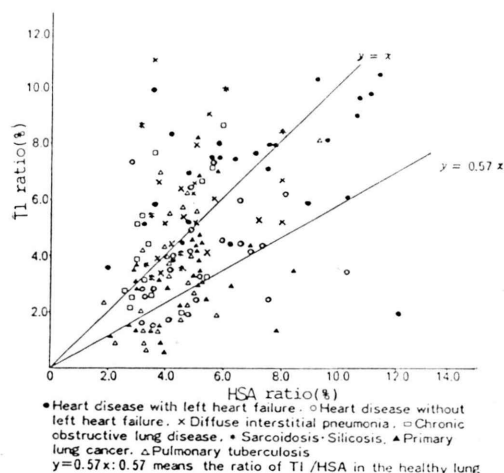


Fig. 9 Relationship between lung distribution ratio of ^{99m}Tc -albumin (HSA ratio) and lung uptake ratio of ^{201}Tl (Tl ratio) of the both lungs.

認めないが、Tl 肺摂取率は全例が対照群の平均値以上を示し、著明高値も認められ、心疾患と異なるパターンを示した。珪肺とサルコイドーシスもほぼ同様な傾向を示した。慢性閉塞性肺疾患では、対照群に比し過半数が Tl 肺摂取率は高値、HSA 肺分布率は低値を示し、前者には明らかな高値も認められ、特に慢性気管支炎やびまん性汎細気管支炎の一部が他病型に比し高値を示した。原発性肺癌と肺結核では両指標とも対照群と有意差を認

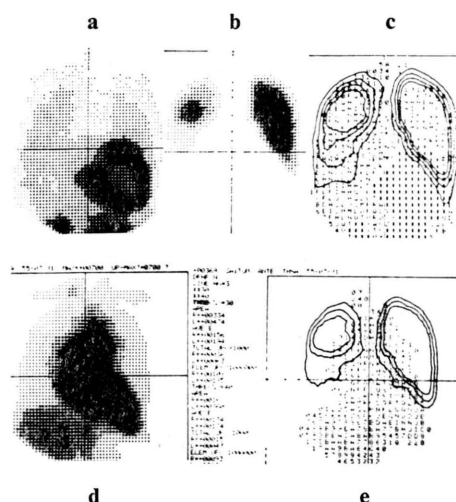


Fig. 10 Scintigrams of a case with aortic insufficiency. **a:** ^{201}Tl image showing bilateral lung uptake of ^{201}Tl , **b:** Perfusion lung image showing perfusion decrease in the right lung, **d:** Cardiac pool image showing enlargement of the left ventricle, **e:** Cardiac pool image superimposed with perfusion lung image.

めないが、ばらつきが大きく、殊に Tl 肺摂取率はびまん性・散布性病巣を有する症例などで明らかな高値を示した。

HSA の動画像における肺野の時間-放射能曲線から差分曲線を求め、その最高値-最低値間の時間を肺循環時間の指標 (PCT) とし、HSA 肺分布率 (両肺値) との関係 (Fig. 8) を検討した。心疾患は限局性肺疾患 (原発性肺癌、肺結核) やびまん性間質性肺炎に比し PCT が長く HSA 肺分布率の高値の症例が多いが、ばらつきが大きく有意な相関を認めなかった。同様に PCT と Tl 肺摂取率の関係では、左心不全 (+) 群は前者が長く後者が高値の症例が多く、一方、左心不全 (-) 群は前者が短く後者が低値の症例が多いなど、一定の傾向が窺われた。しかし、PCT が比較的短く Tl 肺摂取率が高値の症例や三尖弁閉鎖不全例のごとく前者の延長程度に比し後者が低値の症例などもあり、両者のミスマッチが認められた。

HSA 肺分布率と Tl 肺摂取率の関係を症例別に

検討すると (Fig. 9), 左心不全 (+) の心疾患は両指標とも高値の症例が多く, 直線 $y=x$ の付近でその上下に分布するが両者の明らかなミスマッチも認められる. 左心不全 (-) の心疾患は左心不全 (+) 群に比し両指標とも低値の症例が多く, しかも直線 $y=x$ の下方, すなわち, TI 肺摂取率/HSA 肺分布率の比が 1 以下の症例が多い. なお, 心疾患はびまん性間質性肺炎とともに直線 $y=0.57x$ (対照群における両指標の関係を示す) の上方に分布しており, これら, 特に左心不全 (+) 群では TI 肺摂取率/HSA 肺分布率の比が対照群に比し増大していることが示された.

IV. 症例呈示

1) H.L., 54 歳, 男性, 連合弁膜症

大動脈弁・僧帽弁・三尖弁の各閉鎖不全に感染性心内膜炎を合併, 両心不全を有し, X 線像で CTR 63.0%, 右下肺野に Kerley B 線を認め, PA 82/38 (56) mmHg, RVEDP 23 mmHg, CO 3.45 l/min, CI 2.08 l/min/m² である. ²⁰¹Tl 像 (Fig. 10a) で両室の拡張・肥大と両肺集積を, また, 肺血流シンチグラム (Fig. 10b) で右肺全体の血流減少と肺高血圧のパターンを認め, 右下肺野では肺血流減少と TI 集積を示す. TI 肺摂取率 (Fig. 10c) は右肺 6.1%, 左肺 3.8%, 両肺 9.9% である. HSA 像 (Fig. 10d) では右房と両室の拡大 (心腔血液量の増大) を認めるが, HSA 肺分布率 (Fig. 10e) は右肺 2.3%, 左肺 1.3%, 両肺 3.6% と低値である. 僧帽弁・大動脈弁の弁置換術後には TI 肺摂取率は右肺 2.8%, 左肺 1.3%, HSA 肺分布率は右肺 5.3%, 左肺 1.6% となった. 以上の成績は肺血管外水分量の増大と肺血液量の減少が手術で改善したことを示し, 臨床所見・経過と良く一致した.

2) S.M., 50 歳, 男性, 大動脈弁閉鎖不全症

労作時呼吸困難を有し, X 線像で CTR 63.2%, PA 81/36 (56) mmHg, PCW 34 mmHg, LVEDP 30 mmHg, CO 5.48 l/min, CI 3.63 l/min/m² である. ²⁰¹Tl 像 (Fig. 11a) で左室の拡張・肥大と両肺集積を, また, 肺血流シンチグラム (Fig. 11b) で右肺全体と左下肺野での血流減少を認める. TI

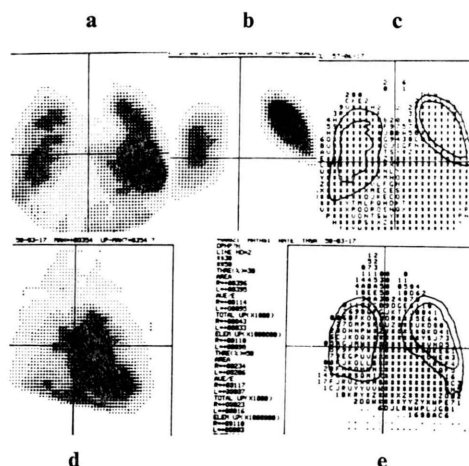


Fig. 11 Scintigrams of a case with combined valvular disease.

a: ²⁰¹Tl image showing marked bilateral lung uptake of ²⁰¹Tl, b: Perfusion lung image showing perfusion decrease in the right lung and left lower lung field, d: Cardiac pool image showing enlargement of the both ventricles, e: Cardiac pool image superimposed with perfusion lung image.

肺摂取率 (Fig. 11c) は右肺 5.3%, 左肺 2.6%, 両肺 7.9% である. HSA 像 (Fig. 11d) では左室拡大を認め, HSA 肺分布率 (Fig. 11e) は右肺 3.6%, 左肺 4.3%, 両肺 7.9% である. 本例は肺血管外水分量および肺血液量の増大が示唆され, CI が正常で HSA 肺分布率が高値であること, 両指標の左右肺における分布量の関係が逆転していることなど, 症例 1) との病態の相違が示され興味深い.

V. 考 案

肺血管内・外水分量の核医学的測定法には, 古くは THO (³H) と RISA (¹³¹I) による二重指示薬稀釈法が, 最近では ¹²³I または ^{99m}Tc を標識した NaI または DTPA とアルブミンを用いる方法⁶⁾ や ¹³NH のポジトロン CT により局所の肺血流量と血管外スペースの大きさを測定する方法⁷⁾ などが報告されている.

²⁰¹Tl 心筋シンチグラフィにおいて安静時^{3,8-10)} および運動負荷時¹⁰⁻¹³⁾ の ²⁰¹Tl びまん性肺集積

が観察され、左心不全症候^{3,4,8)}、胸部 X 線像の肺うっ血・間質性肺水腫像^{8,9)}、肺動脈楔入圧上昇^{4,8,10~12)}、左室駆出率低下^{9~13)}、左室拡張終期圧上昇¹³⁾ など、心機能障害や心予備能低下との関連が認められている。さらに ^{201}Tl の肺クリアランスが肺間質液のクリアランスに一致¹¹⁾ し、 ^{201}Tl 肺集積量の $96.8 \pm 2.4\%$ が血管外スペースに存在する²⁾ ことなどより、 ^{201}Tl 肺集積は肺血管外スペースの状態 (肺血管外水分量) を反映すると考えられる。

肺血液量の核医学的測定法として心放射図法の他、最近では ^{99m}Tc -赤血球などによる心プールシンチグラムから運動^{14~17)}、体位¹⁸⁾、薬物¹⁹⁾、酸素¹⁸⁾、ペーシング²⁰⁾ などの負荷前後で肺血液量の変化率が測定されているが、シンチグラフィから両肺当たりの肺血液量の指標を求めた報告は見当らない。著者らは ^{201}Tl 肺摂取率^{2~4)} とほぼ同様な算出方法により、肺血管内スペースの大きさを反映する指標として ^{99m}Tc -HSA 肺分布率を算出した。その結果、対照群では $4.9 \pm 1.4\%$ であり、循環血液量に対する肺血液量の割合 $10 \sim 12\%$ ^{21~23)} より低値を示した。

シンチグラムから求めた肺血液量の指標には局所肺における負荷前後のカウント変化率^{14~20)} が、また、 ^{201}Tl 肺集積度の指標には局所肺の基準部位 (上縦隔、心筋) に対するカウント比などが用いられている。これらの指標では局所肺や基準部位のカウントが種々の合併病変により偶発的ないし二次的な変化を受けやすい点に考慮が必要である。これに対し、 ^{201}Tl 肺摂取率 (両肺値) は両肺全体の量を測定し、また、投与量で正規化されているため値が偶発的、二次的な影響を受けにくく、また、個体間の比較ができる点で適切な指標と考えられる^{3,4)}。また、 ^{99m}Tc -HSA 肺分布率も ^{201}Tl 肺摂取率 (両肺値) や心プールシンチグラムより求めた心腔血液量⁵⁾ と同一条件下に対比できること、他の方法による肺全体の肺血液量や肺血管外水分量の指標と対比しやすいことなどの点から両肺値が適切な指標と考えられる。

^{201}Tl 肺摂取率と ^{99m}Tc -HSA 肺分布率は心疾患

において、心拍出量、心係数と負の相関を、また、前者は肺動脈楔入圧と正の相関を示し、また、両指標とも左心不全 (－) 群に比し左心不全 (＋) 群で有意な高値を示し、さらに両指標または ^{201}Tl 肺摂取率は前者においても明らかな高値を示す場合が認められるなど、本法が心機能障害ないし左心不全の評価法として有用であり、さらに肺うっ血の早期検出法としての可能性も示された。一方、個々の症例をみると、両指標が平行して高値の他、一方が不釣合な高値などミスマッチも認められ、また、局所肺における ^{201}Tl 分布量と肺血流の関係でも同様な傾向が認められるなど、肺循環の多様な病態が表現された。一般に肺血液量は種々の心疾患で増加し、NYHA III 度の症例で有意に増加するが、僧帽弁疾患で NYHA IV 度の症例では減少する²⁴⁾ など、疾患、病態によりその変化は必ずしも一様でない。一方、肺血管外水分量は心疾患、特に左心不全例で明らかに増加し、しかも早期ないし潜在性の心不全でも増加している²⁴⁾ といわれる。以上の点は今回の成績と符合し、本法が肺血液量と肺血管外水分量の多様な関係を描出し、肺循環病態の把握に役立つことを示すと考えられる。なお、両指標の関係を ^{201}Tl 肺摂取率 / ^{99m}Tc -HSA 肺分布率の比でみると、心疾患およびびまん性間質性肺炎、特に左心不全 (＋) の心疾患で高値を示し、この点は ^{99m}Tc -DTPA と ^{99m}Tc -HSA より求めた肺血管外水分量 / 肺血液量の比が間質性肺炎とうっ血性心不全で高値を示したとする報告²⁵⁾ に一致し興味深い。

今回の成績で両指標が比較的大きなばらつきを示し、各種の相関が不良であった原因には、両指標とも肺動脈楔入圧、心拍出量、肺循環時間、血管透過性、肺血管容積など多因子の影響を受けること、対象とした疾患・病態が不均一であること、さらに方法論に帰因し両指標の値に直接影響する問題点として、本法での肺輪郭が解剖学的肺輪郭より小さいこと、心・大血管や肝臓の血液プールが混入したり、逆にそれらと重なる肺血液プールが除外されること、肺輪郭とする等計数曲線の決定に主観的要素が入るために肺輪郭の大きさにば

らつきが生ずること、二次元的評価であり、肺組織や胸壁での吸収補正がされていないこと、心・大血管や肝臓部からの散乱線の混入など、いくつかの点を考慮する必要がある。

以上、本法は肺血管内スペース（肺血液量）および肺血管外スペース（肺血管外水分量）の大きさをほぼ同様な条件下で描画・算出できること、局所分布量とともに1側肺および両肺当たりの値を把握できること、心プールシンチグラムからは心腔血液量も同時に算出⁵⁾できること、心電図同期法により右室・左室の収縮能・拡張能の諸指標が同時に得られること、さらに静的な肺血流分布は勿論のこと、運動や薬剤など各種の負荷による肺血液量の変化や肺血管反応の解析¹⁴⁻¹⁹⁾ができることなど、種々の特徴を有し有用である。

VI. 結 語

シンチグラフィにより $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 肺分布率と ^{201}Tl 肺摂取率を算出し心疾患における意義を検討した。両指標は心拍出量、心係数と負の、また、 ^{201}Tl 肺摂取率は肺動脈楔入圧と正の相関を示し、両指標および ^{201}Tl 肺摂取率/ $^{99m}\text{Tc-HSA}$ 肺分布率の比は左心不全を有する心疾患で有意な高値を示した。両指標間に正の相関を認めたが、 ^{201}Tl 肺摂取率が不均衡な高値を示す場合など両指標のミスマッチも認められ、さらに局所肺での ^{201}Tl 分布と肺血流分布の間にもほぼ同様な関係が認められた。本法は局所肺および両側肺における肺血管内・外スペースの大きさを推定し、心機能、肺循環動態を評価するうえに役立つ。

文 献

- 1) 佐川弥之助：肺内水分量の測定と意義。日胸疾会誌 **19**: 684-690, 1981
- 2) 藤井忠重, 平山二郎, 金井久容, 他：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
- 3) 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
- 4) 藤井忠重, 金井久容, 田中正雄, 他：心疾患における ^{201}Tl 肺集積の血行動態的意義。核医学 **26**: 601-610, 1989
- 5) 藤井忠重, 金井久容, 田中正雄, 他：心腔, 肺における ^{99m}Tc -アルブミン分布率の臨床的意義。核医学 **26**: 23-33, 1989
- 6) 金沢 実：ラジオアイソトープの体外計測による肺水分分布と肺血管透過性の評価。日胸疾患誌 **21**(増): 20, 1983
- 7) 千田道雄, 米倉義晴, 玉木長良, 他： $^{13}\text{NH}_3$ による局所肺血管外スペース評価法の有用性と問題点。核医学 **21**: 1120, 1984
- 8) Tamaki N, Itoh H, Ishii Y, et al: Hemodynamic significance of increased lung uptake of thallium-201. *AJR* **138**: 223-228, 1982
- 9) 白石友邦, 長谷川武夫, 西山 豊, 他：RIにおける循環器診断。映像情報 (M) **13**: 23-29, 1981
- 10) 田中 健, 木全心一, 広沢弘七郎, 他：急性心筋梗塞における Tl-201 肺内取り込み—thallium lung uptake image (TLI) による評価—。核医学 **22**: 321-330, 1985
- 11) Boucher CA, Zir LN, Beller GA, et al: Increased uptake of thallium-201 during exercise myocardial imaging: Clinical, hemodynamic and angiographic implications in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* **46**: 189-196, 1980
- 12) 南地克美：虚血性心疾患における運動負荷時肺野 Tl-201 活性濃度の臨床的意義について。ニュータウンカンファレンス (心臓核医学) **4**: 84-87, 1981
- 13) 松下一夫：虚血性心疾患における運動負荷 Thallium-201 心筋イメージングの検討—Thallium-201 肺野集積の臨床的意義について。核医学 **19**: 777-785, 1982
- 14) Okada RD, Pohost GM, Kirschenbaum HD, et al: Radionuclide-determined change in pulmonary blood volume with exercise. *N Engl J Med* **301**: 569-576, 1979
- 15) Okada R, Osbakken M, Boucher C, et al: Pulmonary blood volume response to exercise: a non-invasive determination of exercise-induced changes in pulmonary capillary wedge pressure. *Circulation* **65**: 126-133, 1982
- 16) Slutsky R, Mancini GBJ, Costello D, et al: Radionuclide analysis of pulmonary blood volume: The response to spontaneous angina pectoris and sublingual nitroglycerin in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* **105**: 243-248, 1983
- 17) 富谷久雄：運動負荷時肺血液量変化よりみた冠動脈疾患の心機能評価。核医学 **26**: 385-398, 1989
- 18) 林田孝平： ^{99m}Tc 標識赤血球を用いた肺プールシンチグラフィによる肺血流動態の解析。核医学 **24**: 427-439, 1987
- 19) Slutsky R, Tubau J, Bhargava V, et al: Pulmonary blood volume: Correlation of equilibrium radionuclide and dye dilution estimates. *Invest Radiol* **17**: 233-240, 1982

- 20) Tubau J, Slutsky R, Gerber K, et al: Pulmonary blood volume: Relationship to changes in end-diastolic pressure during pacing. *Am Heart J* **105**: 940-945, 1983
- 21) 原沢道美: 肺循環——基礎と臨床. 金原出版, 東京, p. 17, 1968
- 22) 加藤 和三: 新内科学大系 30A, 循環器疾患 Ia, 中山書店, 東京, p. 198, 1978
- 23) 鳥塚莞爾: 核医学大系 7, 臨床核医学 (2), 心・血管系. 実業公報社, 東京, p. 20, 1976
- 24) 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, p. 324, 1978
- 25) 鈴木幸男, 石坂彰敏, 大西祥平, 他: ガンマカメラによる肺内水分蓄積機序の解析法の検討. *核医学* **21**: 1122, 1984

Summary

Estimation of Pulmonary Intravascular and Extravascular Spaces by ^{99m}Tc -Albumin Lung Distribution Ratio and ^{201}Tl Lung Uptake Ratio

Tadashige FUJII*, Masao TANAKA*, Minoru HONGO*, Jiro HIRAYAMA*,
Yoshiki HIROSE*, Shinichi OKUBO*, Toshio KOBAYASHI*,
Kenjiro HANDA*, Kesato YANO** and Kenichi YOKOTA**

**The First Department of Internal Medicine, **Division of Radiology,
Shinshu University School of Medicine*

In order to estimate the pulmonary extravascular and intravascular spaces, lung uptake ratio of ^{201}Tl (L/T) and lung distribution ratio of ^{99m}Tc -albumin (H/T'), expressed as ratios of total counts of the bilateral lungs to the administered doses of the radionuclides, were obtained from the both scintigrams with ^{201}Tl and ^{99m}Tc -albumin respectively, using a scintillation camera coupling to a minicomputer.

Mean values of L/T and H/T' were $2.8 \pm 0.8\%$ and $4.9 \pm 1.4\%$ in the controls, $3.9 \pm 1.8\%$ and $5.3 \pm 1.9\%$ in heart diseases without left heart failure, and $7.0 \pm 2.2\%$ and $7.1 \pm 2.9\%$ in those with left heart failure, respectively. Ratios of L/T to H/T' in diffuse interstitial pneumonia and heart diseases, especially in cases with left heart failure were higher than those in controls.

The values of H/T' and L/T were inversely proportional to cardiac output and cardiac index,

and the values of L/T were directly proportional to pulmonary artery wedge pressure, but the discrepancies of the relationship between these values and some clinical findings including cardiac output, cardiac index, pulmonary artery wedge pressure and other findings of left heart failure, were observed in not a few cases. In the regional pulmonary areas, lung uptake of ^{201}Tl was in parallel with pulmonary perfusion in many cases, but the discrepancies between them were demonstrated in some cases, too.

These methods seem to be useful for the estimation of the pulmonary extravascular and extravascular spaces, and for the detection of dysfunction of the left ventricle.

Key words: Pulmonary intravascular space, Pulmonary extravascular space, Scintigraphy, ^{201}Tl , ^{99m}Tc -albumin.