



Title	Recording radioisotopic angiography の臨床的応用に関する研究
Author(s)	仙田, 宏平
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1975, 35(1), p. 28-51
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18324
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Recording Radioisotopic Angiocardiography の 臨床的応用に関する研究

岐阜大学医学部放射線医学教室（主任：石口修三教授）

仙 田 宏 平

（昭和49年7月17日受付）

（昭和49年9月12日最終原稿受付）

Clinical Application of the Recording Radioisotopic Angiocardiography

Kôhei Senda

Department of Radiology, Gifu University School of Medicine

(Director: Prof. Shûzô Ishiguchi)

Research Field Code No.: 706

Key Words: *Cardiovascular dynamics, Radioisotopic angiography*
VTR recording, Dilution curve

The Anger scintillation camera combined with a video-recording system was used for recording radioisotopic angiography on 135 patients. Through video-tape replaying of recorded radioisotopic image data, scintiphotos of dynamic events of some selected phases and radioisotope dilution curves of the flow in some selected areas of interest were obtained. Then, by analyzing the scintiphotos and the dilution curves, dynamic imaging and dynamic function studies of the central circulation system were made systematically. Clinical usefulness of recording radioisotopic angiography was investigated in addition to the basic technical details of the examination, and the following results were obtained:

1. For the dynamic imaging studies, it was found essential to improve the quality of scintiphotos. This was made practicable by reforming the techniques of injection, detection, and making scintiphotos on which a dynamic event was selectively exposed for several seconds or more in order to accumulate enough counts, with reference to the peak time of the dilution curve. On the other hand, for dynamic function studies, it was found important to improve the quality of the dilution curves and this was attained by setting up the selected areas of interest precisely and correcting for substantial count-rate loss following the high count-rate.

2. The scintiphotos mainly revealed morphological changes, i.e., defect, narrowing, dilatation, and so on. The dilution curves mainly revealed functional changes, i.e., circulation time, regurgitation, shunt, and so on. In diseases of the lung, great vessels, and pericardium, scintiphotos showed more distinct abnormalities, while those in hyperthyroidism and angina pectoris showed up better in the dilution curves. Both revealed well-defined abnormalities in the arteriosclerotic, valvular,

and congenital heart diseases. On the other hand, both were useful in complementing each other in detecting pulmonary hypertension, regurgitation, and shunt.

3. Recording radioisotopic angiography is very useful as a screening procedure for diagnosis of the diseases of the cardiovascular system and can be practiced so easily and safely even in a child or in serious cases considering its technical convenience, absence of risk, and low radiation exposure.

I 緒 言

1965年 Anger ら⁸⁾は、 gamma-ray scintillation camera (以下シンチカメラという) と短半減期核種 ^{99m}Tc を組合わせることによつて、心臓大血管の血流動態を RI の dynamic image として捉えることに成功した。以来、シンチカメラを用いた心臓大血管の dynamic RI imaging 法は、X線造影法に対応して “Radioisotopic Angiocardiography”²¹⁾ (以下 RI ACG といふ), “Radionuclide Angiocardiography”¹⁶⁾, あるいは “Scintiangiocardiography”¹¹⁾ などと呼ばれ、今日急速に広く普及されるに至つている。他方、1968年 Ashburn ら⁴⁾は、RI ACG に “area of interest” (以下 AOI といふ) mode をもつビデオ装置 (以下 VTR といふ) を導入して、心臓大血管の特定部位の血流動態を dynamic curve として捉え、これを用いて dynamic-function studies が出来ることを報告した。

この VTR を組入れた recording RI ACG は、従来の RI ACG と比較すると、dynamic-imaging studies をより確実に行なうことができるだけではなく、dynamic-function studies を容易にした点で大きな意義をもつと考えられるが、その評価はいまだ充分になされていない。

そこで著者は、シンチカメラに AOI mode をもつた市販の VTR を組合わせて recording RI ACG を行ない、その RI image data の再生によつて得られる dynamic image と dynamic curve を、主として循環器疾患と正常 control とについて比較し、本法のこの種の疾患の診断への応用に関する基礎的事項とその臨床的有用性について検討を加えたので、ここにその成績を報告する。

II 研究方法並びに対象

1. Recording RI ACG の操作方法

まず、Anger type のシンチカメラ (Nuclear-Chicago, Pho/Gamma HP) に VTR (Nuclear-Chicago, Pho/Gamma Data Store/Play Back System) を接続し、140KeV 高分解能平行15,000穴コリメーターを付けた検出部を、背臥位で安静にした患者の左斜前胸壁に密着させる。

次に、19G針と3方活栓を用い、患者の右肘静脈から ^{99m}Tc を、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ の形で10~20mCi (1~3 ml), または $^{99m}\text{Tc-HSA}$ (第一ラジオアイソトープ研究所, Albumin-kit で調製) の形で5~15mCi (1~3 ml) 急速注入し、次いで直ちに活栓を切換えて20%糖液6~9mlをflushingした。

^{99m}Tc 注入と同時に VTR を作動し、2~8分間の RI image data を磁気テープに収録した。なお、VTR の作動に当たつては、前もつて audio start signal を収録しておいた。

2. RI image data の処理方法

1) Dynamic curve の作製

VTR のモニター (Persistence Scope) 上に磁気テープからの画像を再生する時、まず RI image について中心循環系の各部位の位置、形態、大きさなどを確認し、その後比較的小さな円形または橢円形の AOI を、主として右心室、左下肺野および左心室に、また必要に応じて他の部位にも設定した。次に、磁気テープを再生する都度、2カ所づつの AOI 内のアナログ量を、rate meter (島津, ER-20) と対数変換器 (島津) を通じて 2-pen rate recorder (島津, Unicorder UR-225) に入力させ、各 AOI に対応する dynamic curve, 即ち RI-dilution curve (以下希釈曲線といふ) を 1 枚の semilog chart に重ねて記録した。その際、更に検出面の全視野に対応するアナログ量も同時に記録するようにした。

希釈曲線の記録条件は、chart speed を10, 20または50cm/min, scale range を 0.5, 1, 2, 20または30Kcps, また time constant を 0.1または 1.0 sec とし、希釈曲線の記録は、audio start signal によって磁気テープを再生すると同時に rate recorder を作動させて開始した。

2) Dynamic image の撮像

dynamic image の撮像に当たり、まず中心循環系各部位の希釈曲線初回循環波の波形とピーク時間およびこれら相互の重なりの程度を調べたうえで撮像時相を決定した。即ち上大静脈と胸部大動脈を含む中心循環系全体を描画するためには、右室部希釈曲線の初回循環波の出現直後から再循環波出現直後あるいは肝臓部希釈曲線の初回循環波ピーク時までを撮像時相とし、また中心循環系各部位を選択的に強調して描画する目的では、各部希釈曲線の初回循環波ピーク前後の数秒～十数秒間を撮像時相とした。次に、audio start signal と preset time mode によって、シンチカメラの cathode ray tube (B Scope, 以下 C R T という) に再生される撮像時相のみの dynamic image を Polaroid Camera (Polaroid, Black & White Film 107使用) で scintiphotograph (以下シンチフォトという) として撮像した。

その際、C R T の輝点焦点は最も鋭くし、輝点輝度は前もつて計測した撮像時相の集積計数に応じて調節した。

3. RI image data の検索方法

1) シンチフォトによる検索

シンチフォトにおける中心循環系の形態的所見を以下の如く大別し、各々の所見を control と各疾患について比較検討した。

a. 上大静脈、肺動脈、大動脈など大血管の拡張像または狭窄像の有無

b. 左右の心房と心室像の拡張の有無とその程度

c. 肺野の欠損像あるいは輝点分布異常の有無

d. 心内腔像と肺血流像および肝血流像間の隙の出現あるいは左右心室間の隙像の拡大の有無。

e. control においては認められない部位に出る RI 集積像（以下異常集積像という）の有無

f. 短絡像の有無

なお、右室、左房および左室像の拡張と右室左室間隙像の拡大の判定に当つては、両室間隙像中央の高さでこれに直角な線上での右室と左室像径、左室と接する部分での左房像径および両室間隙像の最も広い幅をオリジナルのシンチフォト上で計測した。

2) 希釈曲線による検索

a. 曲線波形

希釈曲線の波形のうち、初回循環波ピークを P, その後の谷状部を D, 再循環波ピークを R, これに続く平坦部を E とし、右室、肺野および左室部希釈曲線の波形について、各部位を Table 1 に示す如く命名した。但し、 E_{RV} , E_P , E_{LV} は $^{99m}TcO_4^-$ 注入例では注入後 2 分目、また $^{99m}Tc-HSA$ 注入例では 7 分目の部位をとつた。

Table 1. Abbreviation of various points on RI dilution curves through areas of interest placed at right ventricle, lower lung field, and left ventricle

Position of area of interest Point on the curve	Right ventricle	Lower lung field	Left ventricle
Peak of the first circulation wave	P_{RV}	P_P	P_{LV}
Valley between the first and the second circulation wave	D_{RV}		
Peak of the second circulation wave	R_{RV}		
Flat portion of the curve after the second circulation wave	E_{RV}	E_P	E_{LV}

曲線波形を control と各疾患群につき比較検討するに当たり、まず各希釈曲線の波形各部位の判別の可否をチェックすると共に、波高比 D_{RV}/P_{RV} , R_{RV}/P_{RV} および E_{RV}/P_{RV} を算出し、次に波高比 P_P/P_{RV} と P_{LV}/P_{RV} を、それぞれ波高比 E_{RV}/E_P , E_{RV}/E_{LV} によって希釈曲線の検出条件や記録条件の差違を補正して、算出した。

次いで、Fig. 1 に示す如き方法で各部初回循環

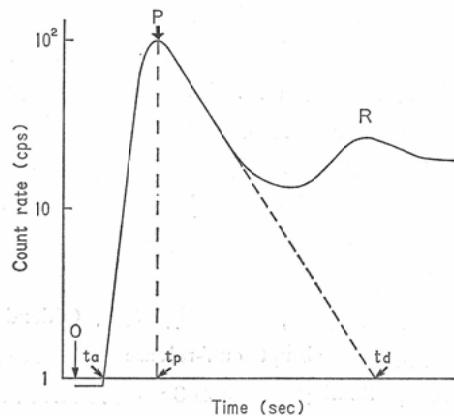


Fig. 1. Determination of build-up time (t_{ap}) and disappearance time (t_{pd}): t_{ap} and t_{pd} are obtained as the difference between t_a and t_p , and between t_p and t_d , respectively.

波の上昇時間 t_{ap} と消失時間 t_{pd} を測定すると共に、初回循環波の上行脚と下行脚の勾配の関係を調べるために、前者に対する後者の比 t_{pd}/t_{ap} (右室、肺野、左室部希釈曲線について、それぞれ T_{RV} , T_P , T_{LV} とする) を求めた。

更に、各部初回循環波の出現時点から P までの上行脚と P から D までの下行脚について、それぞれの直線部分の短縮あるいは異常ピーク S の出現の有無を control と各疾患群について比較検討した。

b 循環時間の測定

中心循環系各部位の希釈曲線における初回循環波ピーカ間の時間差 (sec), 即ち peak to peak から右室一左室循環時間 RV-LV, 右室一肺循環時間 RV-P, 肺一左室循環時間 P-LV と、左房像の明瞭な例では左房部希釈曲線から同様に、左房一左室循環時間 LA-LV をそれぞれ測定した。更に、 ^{99m}Tc 注入時点と P_{RV} 時から肘静脈一右室循環時間 O-RV を、また P_{RV} 時と R_{RV} 時から右室再循環時間 RV-RV' をそれぞれ算出し、control と各疾患群とについて比較検討した。その際、初回循環波ピーカが多峰性である場合は、2峰性ピーカについては、その中央を、また3峰性ピーカについては中央のピーカをもつてピーカ時間とした。

c. 右室、左室および左房拍出量相互の比と逆流の判定

右室部、左室部と、左房像の明瞭な例では合わせて左房部の希釈曲線について、各初回循環波面積 A_{RV} , A_{LV} および A_{LA} を、それぞれ前半部を Hamilton ら¹²⁾の算術法で、また後半部を Lilienfield and Kovach²⁶⁾の計算法によつて求めた。

これら初回循環波面積 (cps × mm), 波高値 E_{RV} , E_{LV} , E_{LA} (cps) および chart speed M (mm/sec) から、右室、左室および左房拍出量 Q_{RV} , Q_{LV} および Q_{LA} (l/min) の指數として、それぞれ $Q'_{RV} = E_{RV} \times 60/A_{RV}/M$, $Q'_{LV} = E_{LV} \times 60/A_{LV}/M$ および $Q'_{LA} = E_{LA} \times 60/A_{LA}/M$ を算出し、右室に対する左室の拍出量比 $Q_{LV}/Q_{RV} = Q'_{LV}/Q'_{RV}$ 右室に対する左房の拍出量比 $Q_{LA}/Q_{RV} = Q'_{LA}/Q'_{RV}$ および左房に対する左室の拍出量比 $Q_{LV}/Q_{LA} = Q'_{LV}/Q'_{LA}$ をそれぞれ求めた。

これらの拍出量指數と拍出量比を control と各疾患群について比較検討し、更に各拍出量の大きさとそれら相互関係から左心系における逆流の部位と程度の判定につき検討した。

4. 研究対象

心電図、X線造影法、心臓カテーテル法など、他の諸検査にて診断の確定した肺疾患10例（うち、肺結核3、肺腫瘍2、その他5）、大血管疾患6例（うち、上大静脈症候群2、大動脈炎症候群2、その他2）、心膜炎5例、甲状腺機能亢進症8例、高血圧性心疾患8例、動脈硬化性心疾患4例、虚血性心疾患13例（うち、狭心症5、心筋梗塞8）、弁膜性心疾患35例（うち、僧帽弁狭窄8、僧帽弁閉鎖不全と僧帽弁狭窄兼閉鎖不全14、大動脈弁閉鎖不全と大動脈弁狭窄兼閉鎖不全11、僧帽弁狭窄兼大動脈弁閉鎖不全2）および先天性心疾患20例（うち、純型肺動脈弁狭窄3、心房中隔欠損6、心室中隔欠損5、Fallot 四徴2、動脈管開存2、その他2）の9疾患群 109症例を、更に control として、臨床上明らかな循環器あるいは呼吸器疾患を認めない18歳から63歳までの患者21例と7歳から11歳までの患児5例を加えた計 135例を対象とした。但しこれらの症例は R I 注入方法

に失敗のあつた約30症例が除かれている。

III 成 績

1 基礎的検討

1) シンチカメラとVTRにおける位置分解能と解像力

Pho/Gamma HP の位置分解能は、コリメーターをはずし、分解能試験用鉛バーファントムと^{99m}Tc 線源を用いて調べたところ 4.8mmであり、従来の Pho/Gamma III と比べて良い解像力を示した。

次に、Pho/Gamma HP の検出部に 140KeV 高分解能コリメーターを取り付け、その検出面から 5 cm 離して置いた容量 116ml の 2 つのポリ瓶に各々 7 mCi の ^{99m}TcO₄⁻ を充満し、その向い合う平滑面の間隔を 3, 5, 10mm と離して、その都度 VTR を通さないで撮像した生の RI image と VTR を通して再生したものとを比較したところ、生の像と再生像共に 5 mm 間隔が充分に分離して描画でき、両者の像に明らかな解像力の差を認めなかつた。更に、検出面と 2 つのポリ瓶の距離を 10, 15, 20cm と離して撮像した再生像について同様の検討を行なつたところ、距離が離れるに伴いポリ瓶像の周辺の“ぼけ”的な幅が大きくなり、10 cm の距離では 10mm 間隔が分離描画できたが、“ぼけ”が明らかに介在して居り、20cm の距離では“ぼけ”的な幅が縮小率より計算した像の幅の 30% 前後に達し、10mm 間隔を全く分離描画できなかつた。一方、標準人の胸部回転横断撮影の結果より、その左斜前胸壁に密着した検出面と上大静脈、右房、右室、肺動脈主幹部、左房、左室および胸部大動脈の各中央部までの距離を計算すると、それぞれ 18.5, 14.5, 10, 14, 14.5, 12 および 16.5cm 前後となる。従つて、心室中隔など前胸壁に近い部位の分離描画は比較的良好と考えられるが、上大静脈や胸部大動脈など深在性の臓器では“ぼけ”的な影響を強く受けて大き目に描画され、それら相互の分離描画が十分にできないと考えられる。

2) RI 注入方法

RI ACG を非観血的な侵襲の少ない RI 検査と

して特徴づけ、且つ RI image の質を向上できるような注入方法について、注入部位、注入容量および注入手技を検討した。その結果、注入部位は心臓への還流距離の比較的短い右肘静脈が簡便であつた。注入容量は、左右心系を十分に分離して描画するために、成人で 3 ml 以下、小児で 1 ml 以下とする必要があり、大多数の症例で 1 ~ 1.5 ml とした。

また、注入手技は、所謂急速注入法、Oldendorf ら³⁵⁾の提唱する abrupt cuff-release 法 および 急速注入法に flushing を加える 3 つの方法を比較検討したところ、後者で最も安定して鮮明な像を得た。

上述の注入方法を用いて得た成人 control 21 例の右室部希釈曲線の初回循環波下行脚の $1/2t$ を求めたところ、2.6 ± 0.6 秒の値が得られた。

3) 注入 ^{99m}Tc の性状

^{99m}TcO₄⁻ と ^{99m}Tc-HSA の静注後の体内分布をシンチカメラで観察すると、前者が早期から甲状腺や胃部に強く集積すると共に、腎臓から膀胱へ急速に排出されることが認められたのに対し、後者では少くとも 8 分後迄は前者で認められるような血液プール外への集積像を描出しなかつた。

そこで、腎臓と甲状腺機能の正常な RV-LV 6 秒前後の患者の右室部希釈曲線平坦部の波高を利用し、^{99m}TcO₄⁻, ^{99m}Tc-HSA および ¹³¹I-HSA の血中消失速度を体外的に比較したところ、それぞれ静注後 1 分目を 1.00 とすると、^{99m}TcO₄⁻ (8 例) では 2 分目が 0.89 ± 0.02, また 7 分目が 0.67 ± 0.02 であつたのに対し、^{99m}Tc-HSA (8 例) と ¹³¹I-HSA (5 例) では 7 分目がそれぞれ 0.86 ± 0.02 と 0.88 ± 0.02 となり、それ以後両者は共に所謂希釈平衡に達した。この結果より、^{99m}TcO₄⁻ と ^{99m}Tc-HSA の血中消失速度の著しい差が証明され、また ^{99m}Tc-HSA と ¹³¹I-HSA の放射化学的安定性を含めた血中での態度がほぼ等しいと考えられた。更に、^{99m}Tc-HSA の 7 分目の血中放射能濃度は同一症例にこれと等しい放射能の ^{99m}TcO₄⁻ を注入した時の 2 分目のそれと近似すると思われ、希釈曲線の定量的検索に当たつて、^{99m}TcO₄⁻

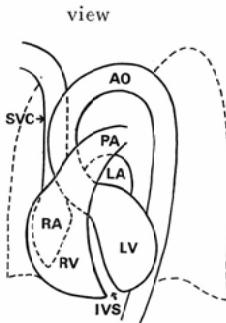
の注入後2分目の波高を以つて^{99m}Tc-HSAの注入後7分目の波高に対応させることは大きな誤差を生じないと考えた。

4) 患者の検査体位と検出方向

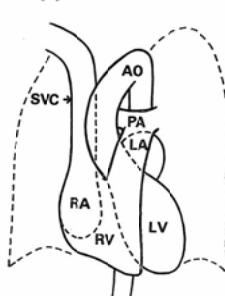
患者の検査体位は背臥位とすると最も安定して検査できた。しかし、この体位では心疾患患者の中に時に苦痛を訴える例があり、また心臓の形態が横位に傾くために立位や座位の体位に比べて房室間の像の重なりが大きくなる傾向を認めた。

検出方向として、検出面を胸郭左斜前に密着して得られた中心循環系のRI imageは、正面から捉えたそれと比べると、両側の心房と心室間になお重なりを認めるが、上大静脈から胸部大動脈に至る血流動態を比較的良く分離して描画し、殊に心内腔はその長軸方向に帶状の間隙像によって左右の心室をはつきりと分離することができた(Fig. 2)。この間隙像は心室中隔を描出したものと考え

(1) Left anterior oblique view



(2) Anterior view



AO: aorta, LA: left atrium, LV: left ventricle,
PA: main pulmonary artery, RA: right atrium,
RV: right ventricle, SVC: superior vena cava.

Fig. 2. Comparison between anterior and left anterior oblique view to the image on RI ACG.

られ、controlで30°～45°、右室拡張例で45°以上、また左室拡張例で30°前後の左斜前から捉えたRI imageにおいてそれぞれ最も明瞭に観察できた。そこで、多数の症例において、胸部単純X線写真や心電図などを参考に、左右心室の大きさや位置関係を推定して検出器の角度を変えたところ、そのすべての症例で左右心室を良く分離して描画することができた。しかし、その他の症例

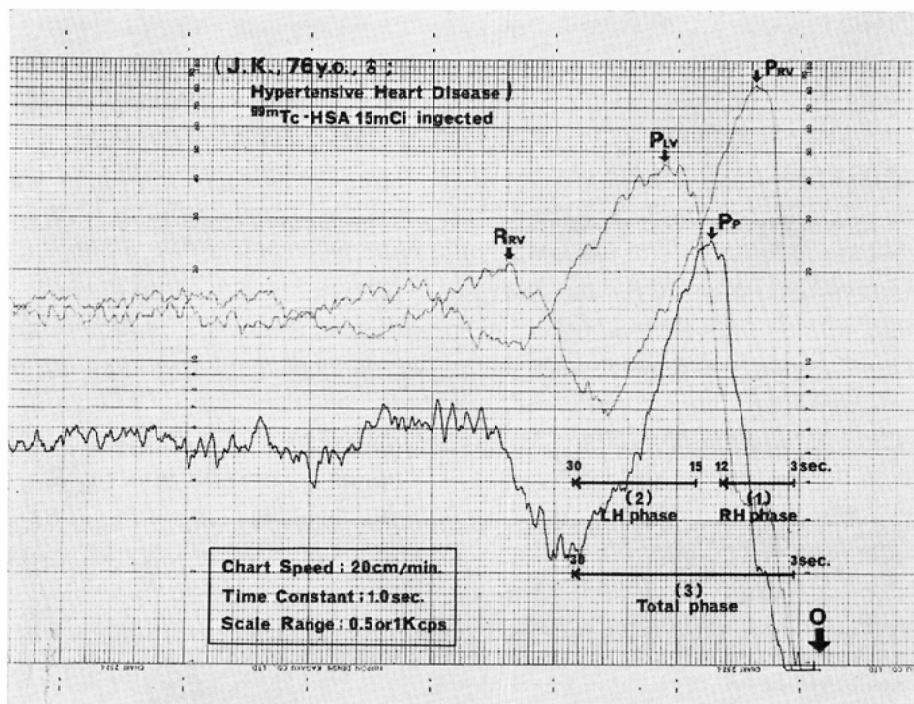
ではルーチンに45°で検査したため、6%程の症例にて心室中隔を明瞭に描出できなかつた。

一方、両肺野の血流分布異常や心囊液貯溜の検出に当たつては、左斜前方向と比べて、正面方向がそれらの形態的所見をより的確に捉えた。他方、左斜前方向では検出面との距離が大きくなる胸部大動脈などが、^{99m}Tcのγ線エネルギーが低く、且つシンチカメラの解像力が悪いため、淡く描画される傾向が強く、この欠点を補う目的で後面や側面方向からも検査することが有用であつた。

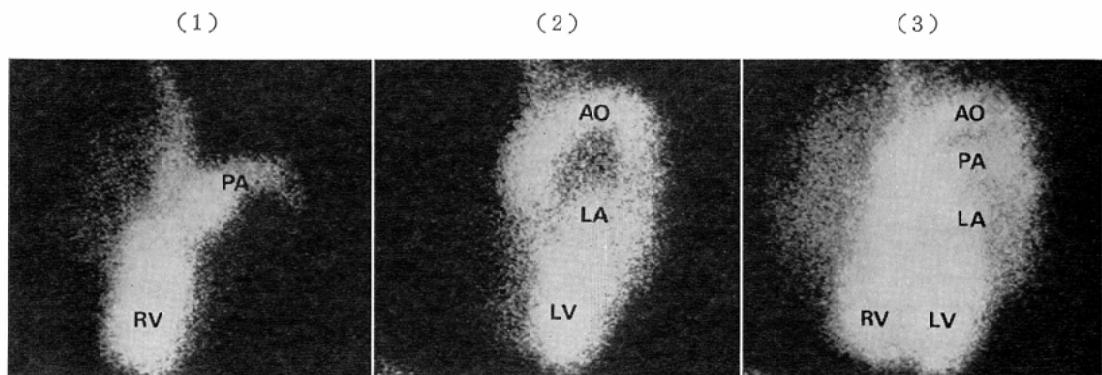
5) シンチフォトの撮像方法

controlに^{99m}TcO₄⁻ 20mCiを注入して得られたRI image dataについて、右室部希釈曲線の出現時点から再循環波出現直後迄の時相(15秒間前後)の全集積計数は 2×10^5 カウント以上であつたが、この間に1秒毎の連続シンチフォトを撮ると、各フレームの集積計数は $5 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4$ カウントとなつた。その際、1フレームの集積計数が 1×10^4 カウント以下であると、中心循環系各部位殊に左心系の画像は極めて不明瞭となり、この傾向はR V—L Vの延長した症例ほど著明であつた。そこで、各部位の希釈曲線初回循環波のピーク時前後3～5秒間の時相のRI image dataを集積して撮像したところ、各シンチフォトの集積計数はcontrolにて $3 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$ カウントとなり、中心循環系各部位を選択的により明瞭に描画できた。そして、ルーチンには、右室部希釈曲線初回循環波の出現時点から肺野部の初回循環波ピーク時直前までの時相で上大静脈と肺動脈を加えた右心像を、次に肺野部の初回循環波ピーク時直後から右室部の再循環波出現直後までの時相で胸部大動脈を加えた左心像を、更に上述の時相を連続して集積し右心兼左心像を撮像することが画質の向上を図るうえで簡便な方法であつた(Fig. 3)。

一方、心囊液貯溜の検出に当たつては、肝臓部希釈曲線のピーク時を参考に、肝血流像までが充分に描画されたシンチフォトをも撮像する必要があつた。他方、上大静脈とその両側上流の血流異



a: RI dilution curves of the hemodynamics in the AOI placed at right ventricle (RV), left lower lung field (P), and left ventricle (LV).



b: Scintigraphic images obtained with reference to the dilution curves. (1) Right heart phase, (2) Left heart phase, (3) Both total phases.

PA: Main pulmonary artery, LA: left atrium, AO: aorta

Fig. 3. Image integration method for dynamic events of various phases decided with reference to dilution curves

常の検出に当たつては、検出器下に患者を数分間安静にして、左右別に肘静脈へ ^{99m}Tc 5～10mCi を静注して得られた 2 つの RI image data から、各々の適当な時相をとつて 1 枚のシンチフォト上

に重ねて露出させる「重複撮像」を検索することが血流異常の動態を知るのに有用であつた。

- 6) シンチフォト像の縮小率と“ぼけ”像
1 ml メスピペットに $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を充填した線状

線源を平行に並べ、これらの間隔からシンチフォト像の縮小率を測定したところ、 $1/7.5$ の値を得た。これに対して、Photo/Scope III (Nuclear-Chicago) を用いて撮つた life size のシンチフォトは、従来のシンチフォトと比べ、画像が見易く、またX線像との比較が可能であつた。

しかし、いずれのシンチフォトにおいても像の周囲に所謂“ぼけ”像を伴つていた。これは像の読影に支障を来たすだけでなく、像の大きさを測定する上で大きな障害となつた。試みに、長方形のプラスチック容器に深さ5mmの $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を入れた面線源を用いて“ぼけ”像の幅を測定したところ、集積計数の増加あるいはC P Tの輝点輝度の上昇に従つて、その幅は縮小率から算定された像の径の20%あるいはそれ以上となつた。そこで、像の径を異なつたシンチフォト間で比較するに当たつては、各シンチフォトの集積計数とC R Tの輝点輝度をできる限り一定にするように留意した。

7) 希釈曲線の記録方法

設定A O Iの位置、大きさおよび形状は得られる希釈曲線の質に大きな影響を与えた。

そこで、RI image data のうちアナログ量として取り出したい部位が充分に含まれ、且つ他の部位との重なりが極力小さくなるような位置、大きさおよび形状のA O Iを設定するように留意し、これを設定の都度V T Rのモニター上でRI image と重ねて観察し確認した。

右室、肺野および左室は他の部位と比べて大きな像を呈し、それぞれ周囲の像との重なりが比較的小さいため、A O Iの設定が容易で、得られる希釈曲線の質も他の部位のそれと比べて安定して優れていた。しかし、それでも右室部の初回循環波下行脚の下部と左室部の初回循環波上行脚下部および下行脚中部に異常波形を示す傾向があつた。このような傾向の強い症例に対しては、得られる希釈曲線のピークが少なくとも右室部で1 Kcps前後、左室部で0.5 Kcps以上となるように、設定A O Iの大きさを小さくして、隣接する心腔や大血管からの放射能の影響をできるだけ避

けるようにした。一方、上大静脈上流部の希釈曲線を検索し、その初回循環波に異常ピークや脚の歪みが認められる場合は、R I注入方法の失敗あるいは腋窩部の静脈でのR Iの異常なpoolingがあつたものとして、検査を改めてやり直した。

rate recorder の計数率に対する直線性は、各 scale range とも士5%以下の誤差範囲にあり、満足できる結果を得た。chart speed は、RV-LV が短縮した症例では50cm/min、逆に非常に延長した症例では10cm/min と切り換えたが、ルーチンには左室部の再循環波を適当な大きさのチャートに充分含めて記録し、各疾患の曲線波形を比較するうえで20cm/min が適当であつた。また、time constant も、RV-LV が短縮した症例では 0.1sec、逆に延長した症例では 1.0 sec と切り換えたが、両者の条件で別個に記録した希釈曲線の各所見を control および弁膜性心疾患について比較検討したところ、両条件下の各成績が O-RV を除いてほぼ一致したため、曲線波形の判読などに有利

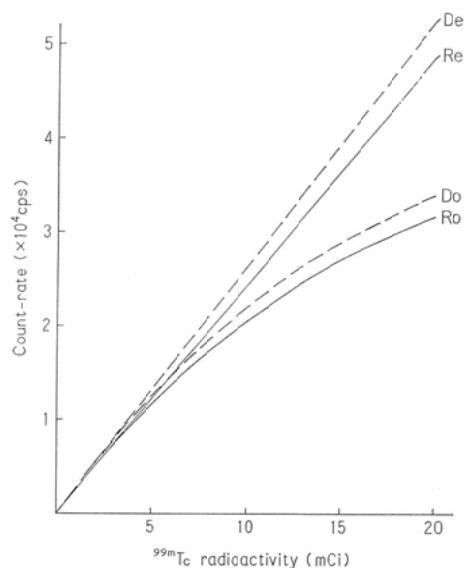


Fig. 4. Relation between ^{99m}Tc radioactivity and direct or replayed count-rate through the whole field of the detector.

De: Expected direct count-rate, Do: original direct-count rate, Re: expected replayed count-rate, Ro: original replayed count-rate.

な点の多い 1.0 sec をルーチンに用いた。しかし、RV-LV の短縮例と短絡性心疾患が疑われる症例では、その血流動態の異常をより的確に捉えるため、必ず 0.1 sec でも記録した。

8) シンチカメラと VTR における計数率の損失とその補正

シンチカメラの検出面から 7 cm 離した ^{99m}Tc 面線源を順次希釈して、その都度全視野当たりの生および再生時の計数率を測定したところ、放射能の増加に従つて両計数率は相対的に減少すると共に、両計数率間にはほぼ一定の割合で増加する差を認めた (Fig. 4)。

両計数率の相対的減少はシンチカメラと VTR のパルス分解時間による“数え落し”現象に由来すると考えられた。そこで、上述の結果を基に外挿して求めた真の生計数率 n と実測の生計数率 m

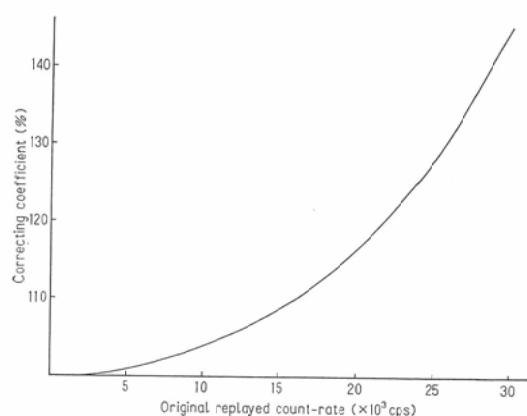
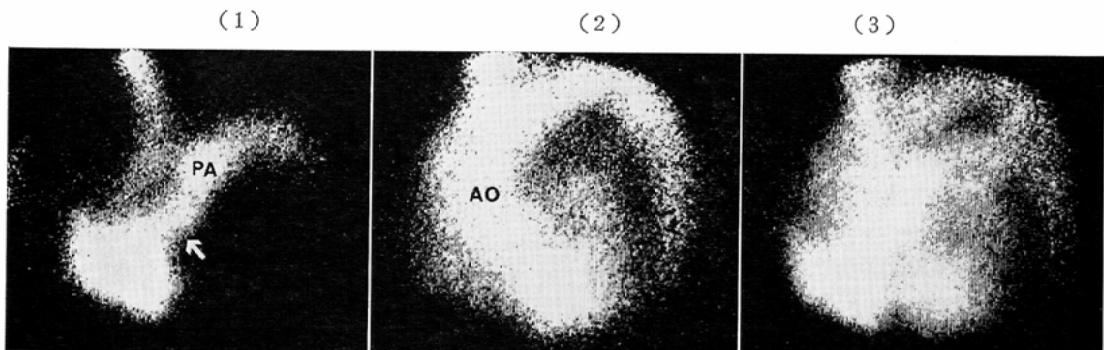
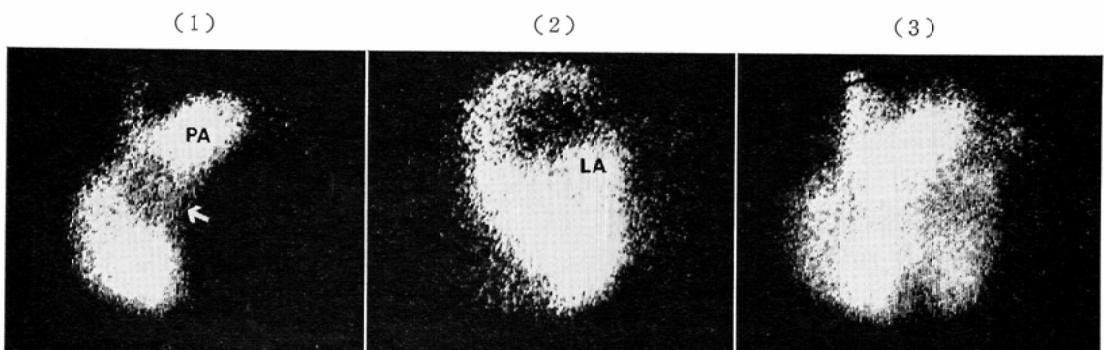


Fig. 5. Correcting coefficient of the original replayed count-rate to the expected one

とから $n = m / (1 - mTr)$ 式に従つて算定したところ、パルス分解時間 Tr は $9.6 \mu\text{sec}$ となり、メーカーの公表値 $12 \mu\text{sec}$ と比較的近い値が得ら



a) Negative image of the main pulmonary artery in aortic insufficiency. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.



b) Negative image of the main pulmonary artery in mitral stenosis. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.

Fig. 6. Negative image of the main pulmonary artery

れた。

一方、両計数率間の差は、磁気テープにおける“drop out”現象に由来すると考えられ、生計数率に対してほぼ一定の比率(3~7%)で存在していた。

従つて、再生時計数率は^{99m}Tc放射能の増加に伴なつて 3×10^3 cps前後までは直線的に上昇したが、それを超えると相対的に減少するようになり、 1.5×10^4 cpsでは外挿にて予想される真の計数率に対して108.8%，更に 3×10^4 cpsでは145.2%もの補正を行なう必要があつた(Fig. 5)。

次に、AOI内の生および再生時の計数率と^{99m}Tc放射能との関係についても同様の検討を行なつたところ、両計数率の各放射能に対する態度は、AOIの大きさとは無関係に、全視野当たりの両計数率が示したと同様の割合で変化した。

そこで、再生時計数率の直線性を補正するためには、全視野当たりの計数率を各希釈曲線と重ねて記録し、後者の波高を前者の同一時相の波高から、Fig. 5のグラフに従つて補正した。

他方、磁気テープの再生操作による全視野当たりとAOI内の計数率の変化を、同一dataを前後15回繰り返して再生し、その都度の計数率から調べたところ、いずれの計数率も再生の度にはほぼ一定の割合でわずかづつ減少したが、初回時に對して15回目で4%弱の損失を示すに過ぎなかつた。従つて、シンチフォトおよび希釈曲線の作製に要する再生回数(5回前後)からみて、再生操作によつて生じる計数率の損失に對して特に補正を加える必要がないと考えられた。

2. 臨床的検討

1) シンチフォトによる検索結果

a. 大血管像の異常

controlにおける上大静脈と上行大動脈像の径はほぼ等しく描画され、それぞれ走行経路で明らかな径の差違を認めなかつた。

また、肺動脈は右室から連続的に描画され、その起始部から筆先状に漸次径を狭めて左肺動脈幹部へ移行した。右肺動脈幹部は、検出方向と検出面からの距離を反映して、明瞭に描画されること

が少なかつた。

大血管像の異常所見としては、上大静脈の狭窄像が上大静脈症候群において、大動脈の狭窄像が大動脈炎症候群において、大動脈起始部の拡張像が大動脈弁閉鎖不全において、大動脈の蛇行像が大動脈硬化例において、肺動脈起始部から左肺動脈幹部へかけての拡張像が僧帽弁疾患や左一右短絡性心疾患において、更に肺動脈起始部の狭窄および肺動脈幹部の拡張像が純型肺動脈狭窄やFallot四徴において認められた。

一方、大動脈起始部や左房の拡張例(Fig. 6)のすべてにおいて、これらの拡張部位に対応する肺動脈主幹部に欠損様の陰性像を認めた。

b. 心内腔像の異常

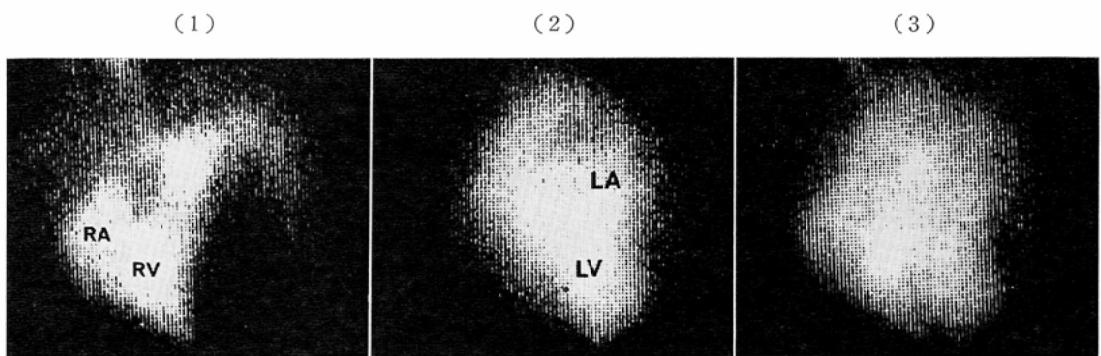
controlと各疾患群におけるシンチフォト上の右室、左房および左室径(mm)はTable 2に示す如くである。

controlにおいて、右房像は右室像の上方右外側よりに重なり、右室像の外側縁を越えて描画されることはないが、右房の拡張がある場合は、右室像の外側縁を越え、両像の外側縁間に切れ込み像を観察できた。右房拡張像はRV-LVの著明に延長した各種心疾患で高度に認められた(Fig. 7a)。右室拡張像は弁膜性心疾患に僧帽弁閉鎖不全で高度に、またRV-LVの延長した各種心疾患で種々の程度に認められた(Fig. 7b)。左房拡張像は僧帽弁疾患で高度に、また大動脈弁疾患や動脈硬化性心疾患で軽度に認められた(Fig. 7c)。更に、左室拡張像は大動脈弁閉鎖不全で高度に、また僧帽弁閉鎖不全、心筋梗塞あるいは動脈硬化性心疾患に認められた(Fig. 7d)。

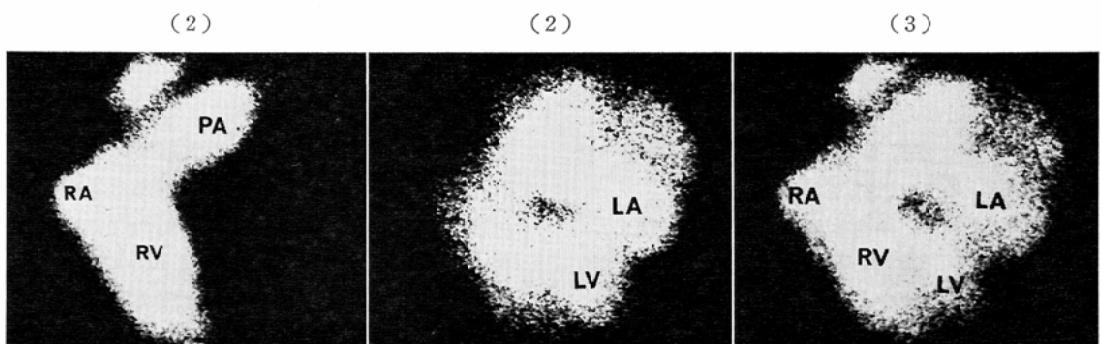
c. 肺野(肺血流)像の異常

controlにおける肺野像は、検出方向の影響を受けて、右肺野がやや淡く描画される欠点があつた。また、両肺野とも上肺野に比べて下肺野にやや強いほぼ一様の輝点分布を示した。

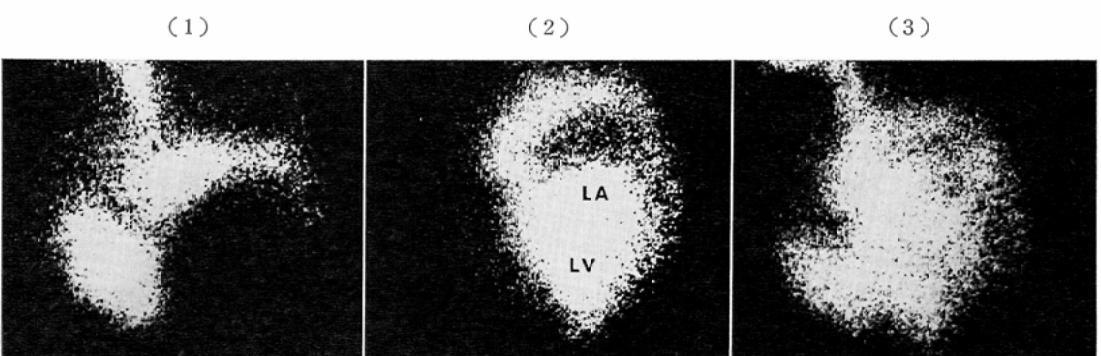
肺野像の異常として、欠損像が種々の肺疾患(Fig. 8a)や大動脈炎症候群(Fig. 8b)において認められ、また上肺野の下肺野に対する輝点分布量の相対的増加が短絡性心疾患や僧帽弁疾患



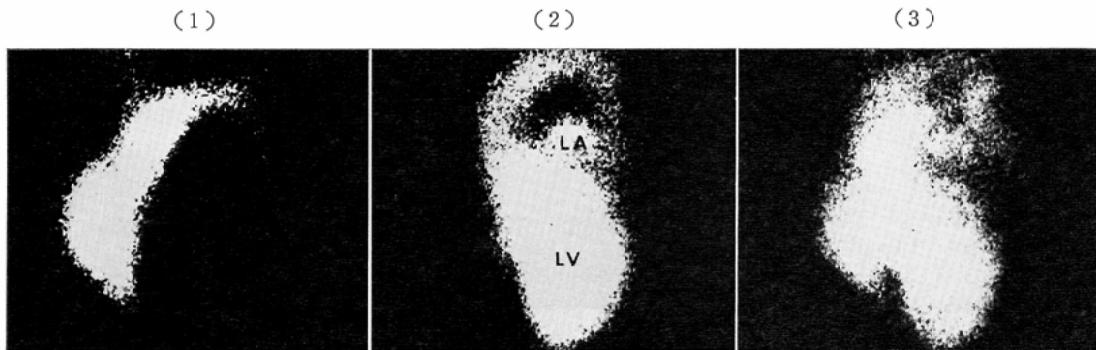
a) Dilatation of right atrium in mitral stenosis with aortic insufficiency. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.



b) Dilatation of right ventricle in mitral stenoinsufficiency. (1) right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.



c) Dilatation of left atrium in mitral stenoinsufficiency. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.



d) Dilatation of left ventricle in aortic insufficiency. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.

Fig. 7. Abnormal images of the cardiac chambers

Table 2. Diameter of right ventricle (RV), left atrium (LA) and left ventricle (LV), and width of interventricular space (IVS)

Subjects	Diameter or width	RV (mm) mean \pm SD	LA (mm) mean \pm SD	LV (mm) mean \pm SD	IVS (mm) mean \pm SD
Control		6.0 0.8	3.9 0.6	5.8 0.8	1.4 0.3
Child control		4.2 1.0	3.0 0.6	3.8 0.4	0.8 0.6
Diseases of lung		6.5 1.3	4.8 0.6	6.1 0.8	1.5 0.2
Diseases of great vessels		—	—	—	—
Pericarditis		7.0 0.6	4.9 0.4	6.8 0.8	1.8 0.3
Hyperthyroidism		6.7 1.0	4.5 0.4	6.5 0.8	1.7 0.4
Hypertensive heart dis.		6.8 0.3	6.0 0.5	7.0 1.0	1.7 0.3
Arteriosclerotic heart dis.		7.5 0.7	6.5 1.0	8.5 0.5	2.0 0.1
Ischemic heart dis.	Angina pectoris	6.8 0.5	4.5 0.5	7.0 0.9	1.6 0.3
	Myocardial infarction	7.0 0.7	4.7 0.5	8.4 0.8	1.8 0.4
Valvular heart dis.	Mitral stenosis	8.6 1.7	8.8 1.1	7.2 1.1	2.1 0.5
	Mitral insufficiency and stenoinsuff.	9.2 1.9	9.1 2.6	8.4 0.9	2.0 0.4
	Aortic insufficiency and stenoinsuff.	8.5 1.7	6.3 1.1	10.1 1.6	2.2 0.3
	Mitral stenosis with aortic insuff.	9.5 0.7	9.3 0.4	8.3 0.4	1.8 0.4
Congenital heart dis.	Pure pulmonary stenosis	6.7 0.5	3.6 0.5	5.5 1.4	1.5 0.1
	Atrial septal defect	9.0 2.0	5.5 0.7	5.7 0.6	1.3 0.5
	Ventricular septal defect	7.8 1.0	5.0 1.0	6.1 1.7	1.9 0.7
	Others	7.3 2.0	4.7 1.1	5.9 0.6	1.8 0.8

(Fig. 8 c)において認められた。

d. 間隙像の異常

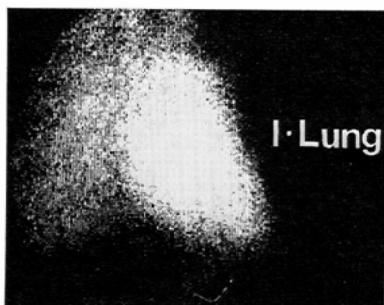
controlにおいて、両心室間以外の部位には明らかな間隙像を認めなかつた。これに対し心膜炎においては、心嚢液貯留を反映して、心内腔像と両側肺血流像および肝血流像間に間隙像が出現した。また、大動脈弁狭窄兼閉鎖不全などにおいて、左室と左肺血流像間に明らかな間隙像を認

め、これは左室肥大を示唆する所見と考えた。

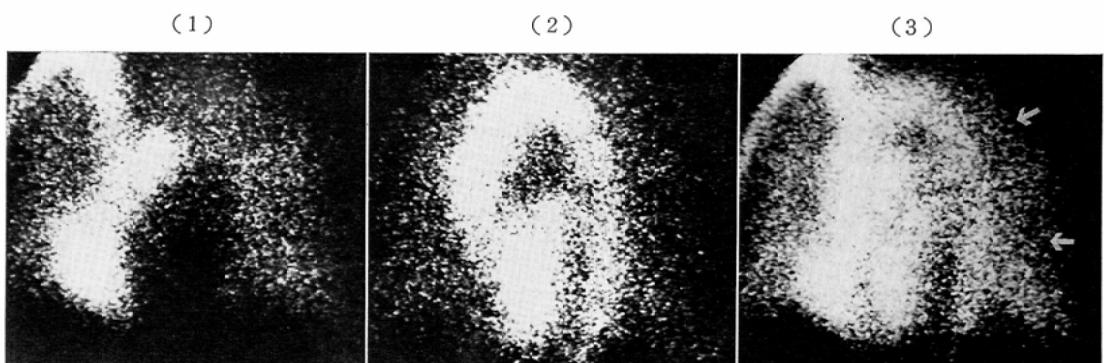
両心室間の間隙像の幅は、controlにおいて 1.4 ± 0.3 mm であったのに対し、弁膜性や短絡性の心疾患の多数例において 2.0 mm 以上となり、これら疾患での心室肥大の存在を示唆する所見と考えた。

e. 異常集積像の出現

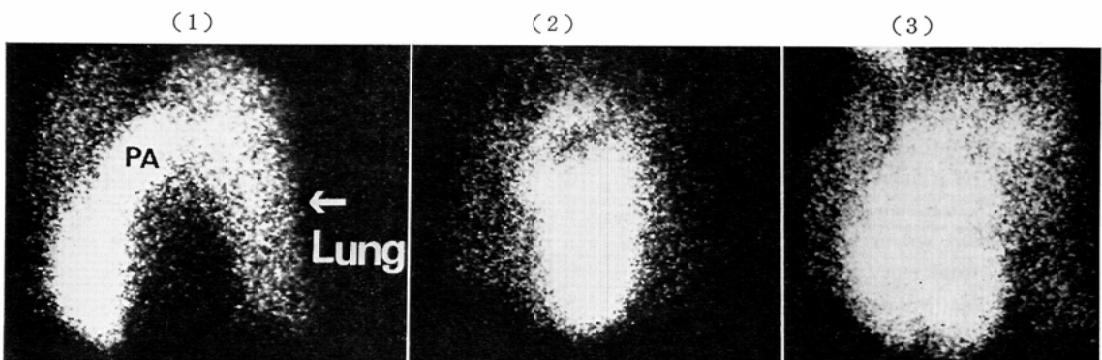
controlにおいて、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 注入後甲状腺や胃



a) Defect of left lung field in left vanishing lung (both right and left heart phases).



b) Multiple defects of lung field in aortitis syndrome. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.



c) Relatively high accumulation of upper lung field in mitral stenosis. (1) Right heart phase, (2) left heart phase, (3) both phases.

Fig. 8. Abnormal images of lung field

部が徐々に濃く描画されることを除けば、大血管、心内腔、肺野および肝血流像以外に異常な輝点集積を認めなかつた。

循環器疾患における異常集積像としては、異常血液プール像が大動脈瘤において、怒張した側副

路像が上大静脈症候群において、また遺残血管像が左上大静脈遺残においてそれぞれ認められた。

f. 短絡像の出現

短絡性心疾患多数例において、短絡の位置や方向によつて種々の短絡像が描出された。

Table 3. Height ratio between various two points of waves on RI dilution curves

Subjects	Ratio	D_{RV}/P_{RV} (%) mean \pm SD	R_{RV}/P_{RV} (%) mean \pm SD	E_{RV}/P_{RV} (%) mean \pm SD	P_{LV}/P_{RV} (%) mean \pm SD	P_P/P_{RV} (%) mean \pm SD
Control		15 7	26 7	17 5	75 5	78 7
Child control		16 6	33 7	18 4	89 8	88 15
Diseases of lung		17 6	27 7	18 6	64 16	67 16
Diseases of great vessels		16 7	26 6	17 6	71 11	70 12
Pericarditis		17 10	26 6	16 2	76 9	74 8
Hyperthyroidism		14 6	26 7	18 6	81 8	78 9
Hypertensive heart dis.		12 4	25 4	15 2	74 10	70 10
Arteriosclerotic heart dis.		10 1	17 4	14 1	54 14	56 8
Ischemic heart dis.	Angina pectoris	14 7	24 2	14 4	74 17	68 15
	Myocardial infarction	11 3	22 1	16 2	66 13	67 11
Valvular heart dis.	Mitral stenosis	13 9	24 8	17 6	64 3	66 10
	Mitral insufficiency and stenoinsuff.	18 7	25 6	18 7	57 11	56 10
	Aortic insufficiency and stenoinsuff.	18 11	25 11	19 9	54 13	54 15
	Mitral stenosis with aortic insuff.	15 3	24 4	16 2	58 5	56 3
Congenital heart dis.	Pure pulmonary stenosis	17 2	27 3	17 2	75 3	74 6
	Atrial septal defect	—	—	26 6	73 13	89 11
	Ventricular septal defect	—	—	20 3	76 8	86 13
	Others	—	—	25 10	55 9	64 7

即ち、心房中隔欠損左一右短絡例では、左心相と右心兼左心相シンチフォトにおいて左房部が淡く描出されると共に、左心相シンチフォトに一旦淡くなつた右房と右室が再び濃く描画された。心室中隔欠損左一右短絡例では、左心相シンチフォトにおいて一旦淡くなつた右室部が再び描画された。また、心室中隔欠損右一左短絡例では、右心相シンチフォトにおいて左室および大動脈部への短絡像が認められた。

更に、Fallot 四徴 2 例と高位心室中隔欠損、肺動脈弁狭窄および肺動脈騎乗を合併した simple transposition 1 例では、右心相シンチフォトにおいて左室への短絡像に比べ大動脈へのそれが濃く描画された。また、動脈管開存 2 例では、右心相シンチフォトにおいて局所的に淡く描画された肺動脈幹部が左心相シンチフォトにおいて濃く且つ太くなることを認めた。

2) 希釈曲線による検索結果

a. 曲線波形の異常

control の右室、肺野および左室部希釈曲線では、波形各部位が明瞭に判別できたが、弁膜性心

疾患35例中 RV-LV の21秒以上であつた7例と短絡性心疾患17例中16例において右室部希釈曲線でも D と R の判別がむづかしかつた。control と各疾患群における D_{RV}/P_{RV} , R_{RV}/P_{RV} , E_{RV}/P_{RV} , P_P/P_{RV} および P_{LV}/P_{RV} の各波高比は Table 3 に示す如くである。

control と比べて、 D_{RV}/P_{RV} , R_{RV}/P_{RV} は各疾患群において明らかな差を示さないが、 E_{RV}/P_{RV} は短絡性心疾患において高値を、また P_P/P_{RV} と P_{LV}/P_{RV} は甲状腺機能亢進症において高値を、逆に弁膜性心疾患において低値を示している。更に、短絡性心疾患において P_P/P_{RV} が P_{LV}/P_{RV} より大きくなる傾向を認める。

control と各疾患群における右室、肺野および左室部希釈曲線の t_{ap} , t_{pd} と T_{RV} , T_P および T_{LV} は Table 4 に示す如くである。

control と比べて、動脈硬化化と弁膜性の心疾患においては右室部希釈曲線の t_{ap} を除き各 t_{ap} と t_{pd} が延長し、 T_P と T_{LV} も比較的高値となり、更にこれらの多数例で $T_P < T_{LV}$ なる関係を認める。また、左一右短絡性心疾患では各 t_{pd} は

Table 4. Build-up time (t_{ap}), disappearance time (t_{pd}), and t_{pd}/t_{ap} ratio on RI

Subjects	Time or ratio		R V		T_{RV} mean \pm SD
	t_{ap} (sec) mean \pm SB	t_{pd} (sec) mean \pm SD			
Control	3.6	1.2	17.1	5.1	5.2 1.1
Child control	3.3	0.9	13.8	2.4	4.6 2.1
Diseases of lung	4.2	1.5	17.3	4.8	4.2 1.3
Diseases of great vessels	4.5	1.5	19.5	5.1	4.7 1.0
Pericarditis	4.2	0.9	18.3	3.9	4.4 1.3
Hyperthyroidism	4.2	1.5	13.5	2.4	3.7 1.6
Hypertensive heart dis.	3.9	1.2	14.1	2.1	4.0 1.4
Arteriosclerotic heart dis.	4.5	0.9	26.1	5.1	6.2 1.2
Ischemic heart dis.	Angina pectoris	3.9	0.9	22.8	5.9 0.4
	Myocardial infarction	4.2	0.6	21.6	5.6 2.7
Valvular heart dis.	Mitral stenosis	4.8	1.8	25.2	17.1
	Mitral insufficiency and stenoinsuff.	5.1	2.4	36.0	25.8
	Aortic insufficiency and stenoinsuff.	5.4	1.8	25.5	11.7
	Mitral stenosis with aortic insuff.	4.8	0.6	30.9	1.2
Congenital heart dis.	Pure pulmonary stenosis	3.3	0.6	16.8	1.5
	Atrial septal defect	2.4	0.6	33.6	20.7
	Ventricular septal defect	3.6	0.3	17.4	0.9
	Others	3.9	1.8	22.5	13.5
					5.4 0.9

t_{ap} に対して相対的に延長し、 T_{RV} 、 T_P および T_{LV} が有意 ($p < 0.01$) に高値である。

一方、各部希釈曲線初回循環波の上行脚と下行脚における直線部分の占める割合は、右室部から左室部希釈曲線に移るに従つて縮小していくことが認められたが、前述した如く control では左室部希釈曲線においてもなおそれぞれ 80% と 60% 以上となつた。しかし、短絡性心疾患においては、短絡の部位、方向および程度に対応し、短絡所見として各部希釈曲線の上行脚または下行脚の直線部分の占める割合が縮小し、更に異常ピークの出現を伴つた。即ち、心房中隔欠損左一右短絡例では右室部に加え右房部の、また心室中隔欠損左一右短絡例では右室部の希釈曲線の下行脚における直線部分が短縮すると共にその多くの例で P_{LV} 時相にはほぼ一致して出現する異常ピークを認め、更にこれらの所見は肺野と左室部希釈曲線の下行脚にも順次不明瞭にはなるが認められた (Fig. 9 a,b)。また、心室中隔欠損右一左短絡例では左室部希釈曲線の上行脚の直線部分の短縮と、

P_{RV} 時相にはほぼ一致して出現する異常ピークを認めた (Fig. 9 c)。更に、動脈管開存では肺野と左室部希釈曲線の下行脚の直線部分の短縮と、 P_P および P_{LV} からそれぞれほど RV-LV だけ離れた時相に異常ピークの出現を認めた (Fig. 9 d)。

短絡所見のうち、下行脚の直線部分の短縮は短絡性心疾患 17 例中 16 例に、また異常ピークの出現は同疾患 17 例中 14 例に認め、異常ピークは必ず直線部分の短縮に伴つて出現した。一方、心臓カテーテル法で 30% 以上の短絡率を有する例ではすべて異常ピークの出現を認め、一般にピークの大きさは短絡率の大きさをよく反映していると考えられたが、大動脈右方転位や大動脈騎乗などを伴う短絡性心疾患においては、左室部希釈曲線の上行脚に認められる異常ピークが心臓カテーテル法から求められた短絡率と比べかなり小さ目に記録される傾向を示した (Fig. 9 e)。これは短絡血流動態が左室部に設定した AOI に十分反映されなかつたためと考えられる。

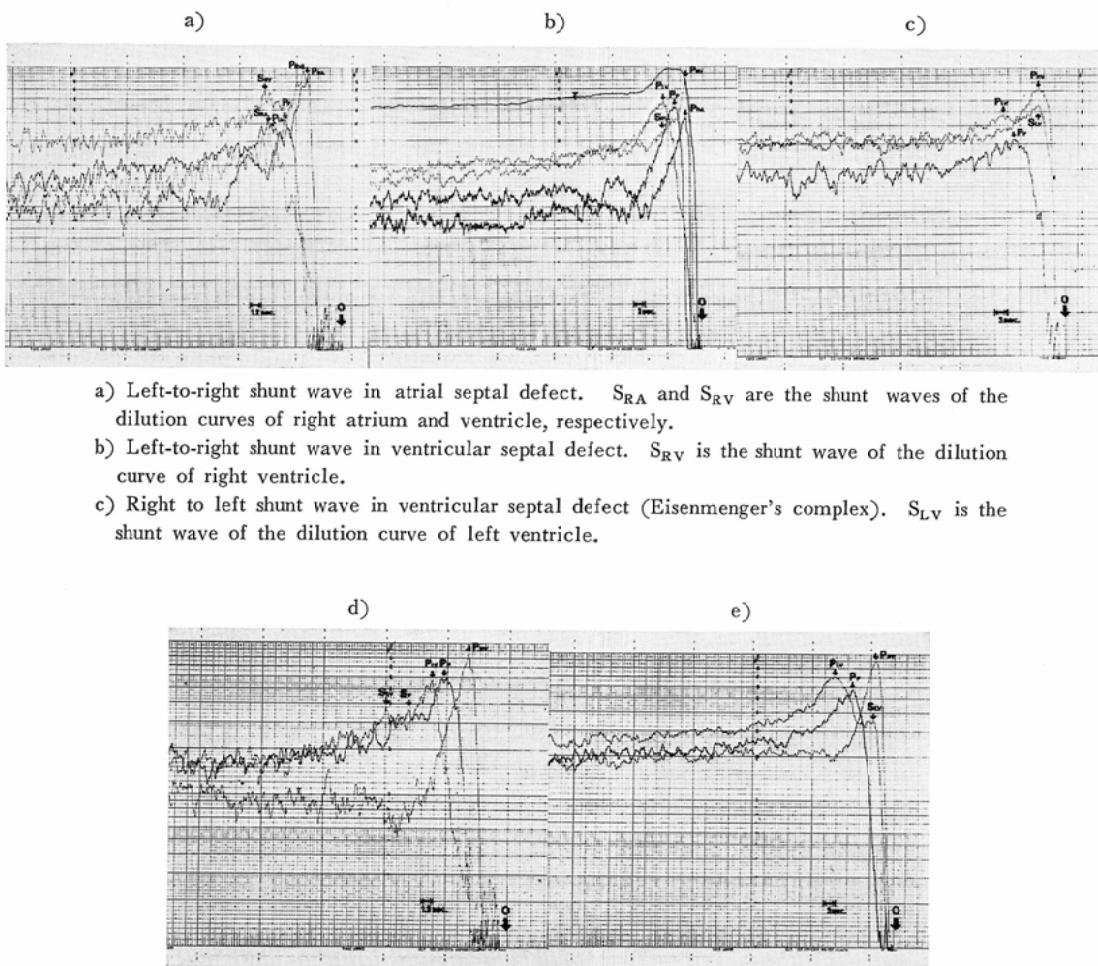
control における肺野希釈曲線の波形は左右肺

dilution curves of right ventricle (RV), lung field (P), and left ventricle (LV)

P		T _P mean ± SD	L V		T _{LV} mean ± SD	
t _{ap} (sec) mean ± SD	t _{pd} (sec) mean ± SD		t _{ap} (sec) mean ± SD	t _{pd} (sec) mean ± SD		
6.3	1.2	18.6 3.0	5.7 0.5	8.1 1.2	21.3 6.0	2.6 0.5
4.2	1.2	13.5 3.5	0.9 1.7	5.1 1.2	14.7 2.4	3.2 1.5
6.0	1.8	18.6 3.2	4.2 0.4	8.1 2.4	28.2 10.2	3.5 0.8
6.9	2.1	21.0 3.1	6.0 0.7	8.7 1.5	27.6 6.3	3.2 0.8
6.9	1.2	21.3 3.1	6.0 0.4	8.4 1.2	28.5 9.3	3.3 0.7
5.4	1.8	13.8 2.6	3.3 0.7	6.0 1.2	15.3 3.9	2.5 0.4
5.7	1.5	18.0 3.4	2.1 1.2	7.8 1.2	21.6 3.3	2.8 0.5
8.4	2.1	31.2 3.8	9.9 1.4	12.3 2.4	56.4 14.4	4.6 1.0
6.6	0.9	24.0 3.6	1.8 0.2	10.5 3.0	33.6 11.1	3.2 0.2
6.9	0.9	23.1 3.6	6.6 0.6	9.6 2.1	31.8 10.5	3.3 0.7
8.1	3.3	24.9 3.5	19.2 0.7	12.0 5.1	37.2 23.4	3.1 0.9
8.7	4.8	39.9 4.0	30.3 1.7	16.8 10.2	77.1 59.7	4.4 1.5
6.3	0.6	25.2 3.9	7.5 1.0	14.1 4.2	53.7 16.5	3.8 0.4
6.9	1.2	29.4 4.2	5.7 0.0	16.8 2.4	76.8 2.4	4.6 0.5
6.0	0.9	16.8 2.9	1.8 0.4	7.2 1.2	18.3 3.3	2.7 0.8
3.3	3.0	32.7 9.8	6.6 2.8	5.1 1.2	44.4 12.6	9.4 3.9
4.5	0.3	23.4 5.2	2.7 0.1	6.9 1.2	31.2 3.3	4.6 0.3
6.0	0.9	25.5 4.2	19.8 3.3	9.0 1.8	35.4 15.6	3.9 1.4

Table 5. Central circulation time of right to left ventricle (RV-LV), right ventricle to lung (RV-P), and lung to left ventricle (P-LV), and RV-P/P-LV ratio.

Subjects		Time or ratio	RV-LV (sec) mean ± SD	RV-P (sec) mean ± SD	P-LV (sec) mean ± SD	RV-P/P-LV mean ± SD
Control			6.0 0.9	3.3 0.4	2.7 0.6	1.3 0.1
Child control			3.4 0.5	1.8 0.4	1.6 0.3	1.2 0.3
Diseases of lung			7.1 2.2	3.7 1.1	3.5 1.4	1.2 0.4
Diseases of great vessels			7.4 1.8	4.0 1.2	3.4 0.9	1.2 0.3
Pericarditis			7.0 1.5	3.9 0.7	3.1 0.9	1.3 0.2
Hyperthyroidism			4.6 0.5	2.5 0.3	2.1 0.3	1.2 0.2
Hypertensive heart dis.			6.8 1.3	3.5 1.0	3.3 0.6	1.1 0.3
Arteriosclerotic heart dis.			13.4 3.3	6.6 2.3	6.8 1.2	1.0 0.2
Ischemic heart dis.	Angina pectoris		8.4 1.7	4.3 0.9	4.2 1.1	1.1 0.3
	Myocardial infarction		9.4 1.6	4.6 1.1	4.7 1.1	1.0 0.3
Valvular heart dis.	Mitral stenosis		13.6 6.7	5.4 2.3	8.2 4.7	0.8 0.3
	Mitral insufficiency and stenoinsuff.		17.2 9.3	6.6 3.4	10.5 6.7	0.7 0.2
	Aortic insufficiency and stenoinsuff.		16.0 8.4	6.8 3.9	9.3 4.9	0.8 0.3
	Mitral stenosis with aortic insuff.		16.4 0.2	6.6 0.1	9.8 0.3	0.7 0.0
Congenital heart dis.	Pure pulmonary stenosis		6.7 0.4	3.6 0.4	3.1 0.1	1.1 0.1
	Atrial septal defect		5.8 2.4	2.6 1.0	3.2 1.7	0.9 0.2
	Ventricular septal defect		8.3 5.9	3.9 2.6	4.3 3.4	1.1 0.6
	Others		9.9 1.9	4.9 1.0	5.0 1.0	1.1 0.1



- a) Left-to-right shunt wave in atrial septal defect. S_{RA} and S_{RV} are the shunt waves of the dilution curves of right atrium and ventricle, respectively.
- b) Left-to-right shunt wave in ventricular septal defect. S_{RV} is the shunt wave of the dilution curve of right ventricle.
- c) Right to left shunt wave in ventricular septal defect (Eisenmenger's complex). S_{LV} is the shunt wave of the dilution curve of left ventricle.
- d) Left-to-right shunt wave in patent ductus arteriosus. S_P and S_{LV} are the shunt waves of the dilution curves of lung field and left ventricle, respectively.
- e) Right-to-left shunt wave in tetralogy of Fallot. S_{LV} is the shunt wave of the dilution curve of left ventricle.

Fig. 9. Shunt waves

野間あるいは両肺野の末梢各部位間で明らかな差違を認めなかつたが、肺門部での初回循環波ピークは末梢部のそれに比べて2峰性を呈する傾向を認め、これは肺門部のAOIが肺循環の動脈相と静脈相とを捉えたためと考えられる。また、controlの P_P の波高は同一側肺の上肺野と下肺野に同大のAOIを設定した際、下肺野においてより高く記録されたが、弁膜性と短絡性の心疾患の一部では上肺野の P_P が相対的に高くなつた²⁰⁾。

b. 循環時間の異常

controlと各疾患群における中心循環時間はTable 5に示す如くである。

controlと比べて、RV-LVは甲状腺機能亢進症や多数の左一右短絡性心疾患で短縮し、逆に心疾患の多数例殊に弁膜性心疾患において高度に延長している。その際、RV-LVが10秒前後までは、RV-PとP-LVはほぼ相関して延長したが、RV-LVが10秒以上に延長すると、P-LVがRV-Pに対して

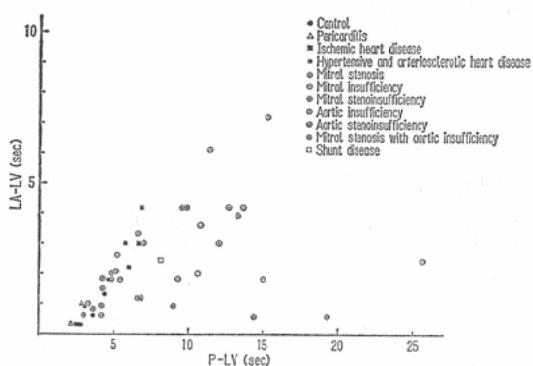
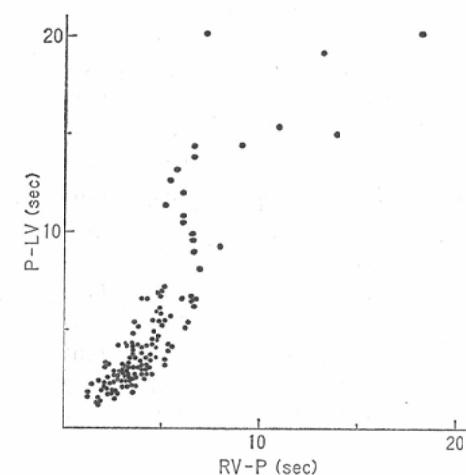


Fig. 10. Central circulation time

相対的に延長した (Fig. 10a). 従つて, Table 5 に示す如く, RV-P/P-LV は control に比べて弁膜性心疾患の35例中28例と短絡性心疾患の17例中8例で 1.0以下と低値を示している。

また, LA-LV は, これを測定し得た control 5例と各疾患41例の多数で, P-LV とほぼ相関して増減したが, 僧帽弁閉鎖不全と僧帽弁狭窄兼閉鎖不全では相対的に短縮する傾向を示した (Fig. 10b). 即ち, これらの疾患では P-LV の延長に伴い, LA-LV よりも肺一左房循環時間 P-LA の延長する割合が大きくなっていることを認めた. このような P-LA の相対的延長は肺静脈の血流動態の異常を示唆する所見と考えられる。

一方, O-RV は control と各疾患において RV-LV とよく相関し, 相関係数 $\gamma = +0.806$ の有意 ($p < 0.01$) の正の相関を示したが, RV-LV の延長に伴いかなりの「ばらつき」を示すため, 肺静脈と右室間の血流障害の判定には必ずしも有用でなかつた。

他方, RV-RV' は control と各疾患において RV-LV と非常によく相関し, 相関係数 $\gamma = +0.958$ の有意 ($p < 0.01$) の正の相関を示し, RV-RV' の測定によつて特に意味のある所見を得ることができなかつた。

c. 右室, 左室および左房拍出量相互の比と逆流の判定

control と各疾患群における Q'_{RV} , Q'_{LV} と Q_{LV}/Q_{RV} は Table 6 に示す如くである。

但し, 短絡性心疾患における各値は, 右室部あるいは左室部希釈曲線に短絡所見が出現するため, A_{RV} あるいは A_{LV} の計測が不正確と考えて省略してある. control と, 弁膜性心疾患を除く各疾患群の Q'_{RV} と Q'_{LV} はほぼ等しい値を呈し, control と比べ, 甲状腺機能亢進症で高値を, また動脈硬化性心疾患や心筋梗塞などで低値を示している. なお, Q'_{LV} は RV-LV との間に双曲線状の明らかな相関を示し (Fig. 11), 心拍出量の減少が循環時間の延長を来たすことを示唆している。

control 5例と各種弁膜性心疾患33例の Q_{LA}/Q_{RV} , Q_{LV}/Q_{RV} および Q_{LV}/Q_{LA} は Table 7 に示す如くである. control と僧帽弁狭窄における各値はほぼ1.00に近い値であるのに対し, その他の弁膜性心疾患の Q_{LV}/Q_{RV} , 僧帽弁閉鎖不全および僧帽弁狭窄兼閉鎖不全と僧帽弁狭窄兼大動脈弁閉鎖不全の Q_{LA}/Q_{RV} , 更に大動脈弁閉鎖不全および大動脈弁狭窄兼閉鎖不全と僧帽弁狭窄兼大動脈弁閉鎖不全の Q_{LV}/Q_{LA} はそれぞれ有意 ($p < 0.01$) に低い値を示している。

一方, 弁膜性心疾患35例における Q_{LA}/Q_{RV} と Q_{LV}/Q_{RV} の関係は Fig. 12 に示される如くで, 僧帽弁狭窄の8例中7例が両値とも0.95以上であるのに対し, 僧帽弁閉鎖不全および僧帽弁狭窄兼

Table 6. Q'_{RV} , Q'_{LV} and Q_{LV}/Q_{RV} ratio

Subjects	Index or ratio	Q'_{RV} mean \pm SD	Q'_{LV} mean \pm SD	Q_{LV}/Q_{RV} mean \pm SD
Control		1.42 0.16	1.41 0.16	0.99 0.02
Child control		2.38 0.34	2.37 0.25	1.00 0.05
Diseases of lung		1.52 0.68	1.51 0.39	1.00 0.05
Diseases of great vessels		1.44 0.20	1.42 0.23	0.99 0.04
Pericarditis		1.15 0.13	1.12 0.14	0.98 0.03
Hyperthyroidism		1.81 0.25	1.78 0.22	0.98 0.02
Hypertensive heart dis.		1.44 0.26	1.36 0.11	0.94 0.05
Arteriosclerotic heart dis.		0.86 0.18	0.81 0.22	0.94 0.07
Ischemic heart dis.	Angina pectoris	1.24 0.21	1.21 0.21	0.98 0.01
	Myocardial infarction	1.01 0.18	0.98 0.19	0.97 0.02
Valvular heart dis.	Mitral stenosis	1.12 0.20	1.09 0.19	0.97 0.02
	Mitral insufficiency and stenoinsuff.	1.03 0.39	0.78 0.33	0.76 0.11
	Aortic insufficiency and stenoinsuff.	1.06 0.33	0.77 0.16	0.76 0.14
	Mitral stenosis with aortic insuff.	1.09 0.08	0.80 0.08	0.74 0.13
Congenital heart dis.	Pure pulmonary stenosis	1.52 0.14	1.49 0.16	0.98 0.01
	Atrial septal defect	—	—	—
	Ventricular septal defect	—	—	—
	Others	—	—	—

Table 7. Q_{LA}/Q_{RV} , Q_{LV}/Q_{RV} , and Q_{LV}/Q_{LA} ratio.

Subjects	Ratio	Q_{LA}/Q_{RV} mean \pm SD	Q_{LV}/Q_{RV} mean \pm SD	Q_{LV}/Q_{LA} mean \pm SD
Mitral stenosis		0.98 0.03	0.97 0.02	1.00 0.02
Mitral insufficiency and stenoinsuff.		0.78 0.11	0.76 0.11	0.98 0.05
Aortic insufficiency and stenoinsuff.		0.89 0.11	0.76 0.14	0.85 0.08
Mirtal stenosis with aortic insuff.		0.85 0.07	0.74 0.13	0.87 0.08

閉鎖不全の14例全例が両値とも0.95以下となり、更に大動脈弁閉鎖不全および大動脈弁狭窄兼閉鎖不全の9例中5例で Q_{LA}/Q_{RV} が0.95以上となり、その全例で Q_{LV}/Q_{RV} が0.95以下となつてゐる。

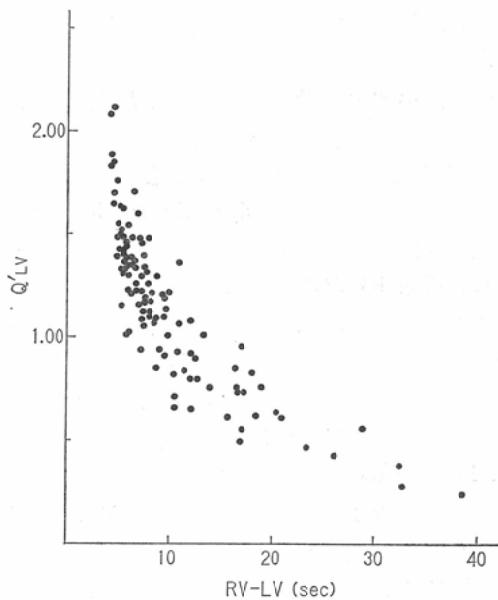
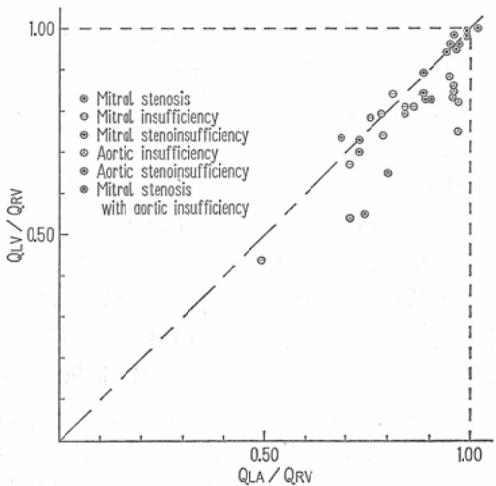
これらの結果より、右室、左室および左房拍出量比の大きさとそれらの相互関係は左心系における逆流の存在とその部位を示唆すると考えられ、更に各弁での逆流の程度をも反映していると思われる。

3) 各疾患におけるシンチフォトと希釈曲線との比較検討

各疾患におけるシンチフォトと希釈曲線は、疾

患の種類や病態の程度によつて差違はあるものの、control の正常所見と比べて、両者あるいはいずれか一方になんらかの異常所見を認めることができた。

高血圧性心疾患、動脈硬化性心疾患、心筋梗塞、弁膜性心疾患あるいは短絡性心疾患においては、シンチフォトと希釈曲線共になんらかの異常所見を認めるのが常であつた。短絡性心疾患を除いたこれらの疾患において、心内腔の拡張像と中心循環時間の延長が最もよく認める異常所見で、中心循環時間の著しい延長例では右室更には右房の拡張を認めることができた。これらの所見に加え、高血圧性と動脈硬化性の心疾患や心筋梗塞

Fig. 11. Relation between RV-LV and Q'_{LV} Fig. 12. Relation between Q_{LA}/Q_{RV} and Q_{LV}/Q_{RV}

では左室の拡張像を常に認めた。また、弁膜性心疾患では肺動脈や大動脈の起始部の拡張像あるいは右室左室間隙像の拡大と右室に対する左房や左室の拍出量比の低下などの異常所見を認め、これらの所見から弁膜障害の部位や種類更にはその程度を診断することが可能であった。そして、短絡性心疾患においては、短絡像と短絡波形が認められ、これらの異常所見から短絡の部位や方向更

には程度が検出できた。短絡の検出率を短絡像と短絡波形について比較すると、前者によつては17例中13例が検出可能であつたのに対し、後者によつては17例中16例が検出でき、希釈曲線からの検索がより有用である結果を得たが、大動脈右方転位や大動脈騎乗を伴つた例では、短絡像が左室に比べて大動脈へ著明に出現し、左室部希釈曲線の短絡波形は比較的軽微にしか記録されなかつた。

一方、弁膜性心疾患や短絡性心疾患において、毛細管後性肺高血圧症を伴つていると思われる例では、シンチフォトで肺動脈幹部の拡張像や上肺野の相対的濃厚像を、また希釈曲線でP-LAの相対的延長や上肺野P_Pの相対的上昇が認められた。

他方、肺疾患、大血管疾患、心膜炎あるいは純型肺動脈弁狭窄においては、希釈曲線と比べ、シンチフォトにより明らかな異常所見を認めることが多く、この形態的所見がこれらの疾患の診断上非常に有用であつた。これとは逆に、甲状腺機能亢進症や狭心症においては、シンチフォトと比べ、希釈曲線に循環時間の短縮または延長やQ'_{LV}の増加または減少などの明らかな異常所見を認めた。

このように、シンチフォトおよび希釈曲線の形態的および機能的所見はいずれか一方だけでも価値を認めるが、それらは総合的に判定することが一層有用な診断方法と考えられた。

IV 考 振

R I 検査法の心臓領域への利用は、1949年 Prinzmetal ら³⁶が ²⁴Na と Geiger-Müller 計数管を用いて前胸部における静注後の放射能の変動を記録し、これを Radiocardiogram (R C G) と名付けて臨床的に応用したことに始まる。その後、R C Gは多くの研究者³⁷⁾³⁸⁾⁴¹⁾によって基礎的ならびに臨床的に研究され、心臓領域の血流動態の dynamic-function studies 法として普及されるに至つている。他方、1958年 Rejali ら³⁷⁾は ¹³¹I-HSA と scintillation scanner を用いて心臓大血管血液プールを RI static image として捉えることに成功し、心囊液貯溜や大動脈瘤の検出ができるこ

を報告している。これに対し、1958年 Anger²³が開発したシンチカメラと1964年 Harper ら¹⁸が初めて臨床的に使用した^{99m}Tcを組合わせることによつて、dynamic image として捉えることができる RI ACG が開発された。

RI ACG における dynamic image の記録は当初 Polaroid Film に手動で連続して撮る方法または35-mm time lapse camera で1フレームを1秒前後の速度で連続撮像する方法が一般的であつたが、1967年 Wellman ら⁴⁷⁾⁴⁸⁾は更にテレビジョンカメラを用いてVTRに収録する方法を開発した。続いて、1968年 Ashburn ら⁴⁹は、心臓の収縮期、拡張期などの physiological cycle を描画するために心電図などの physiological data を dynamic image と同時に収録でき、加えて局所の希釈曲線を得るために AOI mode を導入したVTRを考案し、これを用いて心臓大血管系血流動態の dynamic-function studies を報告している。他方、1969年 Kriss ら²²は、収録した RI image data から質のよいシンチフォト像を得るために、VTRの収録と再生に対して種々の考案を行ない、これを用いて数多くの dynamic-imaging studies を報告している¹⁴⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁹⁾³⁰⁾。

従つて、recording RI ACG は中心循環系血流動態の形態的および機能的解析を一体化して総合的に行なうことができる点で、RCGあるいは従来の RI ACG と比べ、優れたRI検査法と云える。また、この検査法はX線的ACGや心臓カテーテル法と比べ、解像力や精度にて劣るが、簡便でしかも安全なために、小児、老人あるいは他の検査で危険の予想される患者に対しても確実に施行できる長所がある。

recording RI ACG の dynamic-imaging studies としての有用性は Kriss ら²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾、Matin ら²⁹⁾³⁰⁾や Hayden ら¹⁴などによつて既に報告されており、著者の得た結果もこれらの報告とよく一致する成績であつた。即ち、中心循環系の各種疾患において、それらの形態的所見をよく捉えることができ、更に逆流や肺高血圧症の有無あるいは短

絡の方向などの機能的所見も少なからず検出した。

一方、Strauss ら⁴⁸は心電図のQ RS波を用いて左室の拡張期および収縮期末の像を捉え、これより左室駆出率が測定できることを報告している。このような検査法は dynamic-imaging studies の機能的検索への応用として興味がある。

recording RI ACG の形態的検索に当たつて最も重要な問題はシンチカメラ像の質で、これを向上させるためには必ずシンチカメラ自体の解像力を向上させねばならないが、今日これには限界がある。そこで、RI ACG の術式や方法あるいは RI image data の処理方法の改良が図られている。即ち、RI注入方法において、Mason ら²⁸はカテーテルを用いている。しかし、この方法は RI ACG の特徴を失う点で問題があり、得られた結果についても批判がある³⁰。一方、志田⁴⁰は股静脈注入法を提唱している。この方法は比較的簡便であり、しかも小さな RI bolus を確保できる点で優れていると思う。RI注入方法において注入 RI bolus を小さく確保することが非常に大切で、この目的のため注入 RI 容量は一般に 1.5ml 前後であるが、志田³⁹は肘静脈注入法では 0.1~0.5ml としなければ bolus とならないと述べている。著者は大多数の症例にて 1~1.5 ml の^{99m}Tc を用いたところ、control の右室部希釈曲線の初回循環波下行脚の $1/2t$ は 2.6 秒前後であつた。この値からみて、注入 RI bolus は必ずしも小さいと云えず、今後更に注入部位や注入容量について注入方法を検討しなければならないと考える。次に、検出方法の改良として、Matin ら³⁰は、患者を座位とし、検出面を “modified oblique” position に設置することによつて左房像を明瞭に描画している。この方法は、著者の若干の経験では、患者の検出面に対する位置関係が不安定になる欠点を認めた。また、Kriss ら²⁵やWesselhoeft ら⁴⁹は小児の検査に pin-hole collimator を使用しているが、この方法は感度の落ちる欠点がある。更に、画像の処理方法の改良として、Kriss²¹は、CRT の輝点の焦点を最もぼかすこと

によって、back groundを淡くし、心臓大血管像をより明瞭に描画する方法を考案している。一方、電算機を用いた画像処理法も報告されている⁴⁵⁾。この点に関し、著者は希釈曲線の波形を参考にした撮像方法を用い、中心循環系各部位を分離描画すると共に、その画質の向上を図つたところ、有用な結果を得ることができた。

recording RI ACG の dynamic-function studies としての有用性は、希釈曲線を用いた心内短絡の検出¹²⁾²⁷⁾²⁸⁾、循環時間の測定¹⁸⁾³¹⁾⁴⁴⁾、心拍出量の測定⁶⁾あるいはその他の機能的検索¹⁷⁾³¹⁾⁴⁶⁾において既に評価されている。

心内短絡の検出に当たつて、Rosenthal³⁵⁾ や Alazraki ら¹³は、Folse and Braunwald³⁹がRCG にて提唱した C_2/C_1 ratio から左一右短絡を検出し、良い成績を報告しているが、著者は同様の概念で T_{pd}/T_{ap} ratio から検索したところ、弁膜性心疾患の数例で左一右短絡例との値の重なりがあった。これは、これらの方が、Maltz and Treves²⁷⁾ の指摘するように右室駆出率の低下をも反映するためと思われる。一方、Jones ら¹⁶⁾は心臓カテーテル法で30%以上の短絡率を有する左一右短絡例の全例で短絡波形の出現を認めており、著者の成績もこれと一致した。また、短絡波形の大きさから短絡率の大小を推測できる結果を得たが、Maltz and Treves²⁷⁾が指摘するように、このような定性的な検出方法には限界があり、今後は電算機を用いた定量的な検索を行なう必要があると考える。

中心循環時間は心機能を判定するうえで簡便な指標と考えられ、著者は RV-LV と Q'Lv との間に双曲線状の負の良い相関を認めた。また、Burke ら⁵⁾の報告するように、RV-LV の延長に伴い P-LV がより延長することを認めた。これは、P-LA の延長が相対的に大きいことからみて、肺静脈系の血流のうつ滞を反映する所見と考えられた。

従来の RI を用いた逆流測定法⁸⁾³³⁾³⁴⁾にはカテーテルの挿入と煩雑な手技を必要としたが、著者は右室、左房および左室部希釈曲線から左心系の逆流の部位や程度が検出できる成績を得た。この

点に関して、今後右心系の逆流の検出を含めて更に検討したい。

recording RI ACG の dynamic-function studies において、希釈曲線の質が最も重要な問題である。RCG の曲線波形は、Carter ら⁷⁾の指摘するように、検出器の位置決めの失敗に大きく影響される傾向が強いが、可視下にAOI を設定する recording RI ACG では、前者と比べ、安定して良い質の希釈曲線が得られる長所がある。しかし、シンチカメラの解像力が不充分のために目的部位以外の放射能の影響を少なからず受け、曲線波形に歪みを生じる傾向を認めた。そこで、シンチフォト像で見られる“ぼけ”の因子を除くために、著者は AOI を小目に設定するようにした結果、多数の症例で曲線波形の質を向上できた。

その際、semilogarithm で記録した希釈曲線はその質を判定するうえで簡便且つ有用であった。また、recording RI ACG の希釈曲線は、検出器の分解時間が長い上に、使用される放射能が大きいために計数の“数え落し”が多くなり、定量的には勿論のこと定性的検索に当たつて不適当である。そこで、“数え落し”的補正法として、著者は検出器の全視野当たりの計数率から補正する方法を提案したが、Freedman ら¹⁰⁾は電算機を用いて検出面下に固定された点線源の計数率の低下の程度から補正する簡単な方法を考案している。

recording RI ACG の dynamic-imaging studies と dynamic-function studies はこれ迄別個に行なわれていることが多く、これらを総合的に研究した報告は短絡性心疾患を中心としたわずかの分野にしか認められず²⁸⁾³¹⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴⁶⁾、その評価もまだ不十分と考えられる。dynamic image は主として形態的所見を、また dynamic curve は主として機能的所見を捉えるのに有用であるが、両者はそれぞれ他の所見をもよく捉えることができるため、両者から得られる所見を相補い、総合的に検索することによって、中心循環系の血流動態の異常はいずれか一方の所見によるよりも一層的確に把握される。従つて、この検査方法は心臓大血管の各種疾患の診断に際して大きな意義がある。

本検査に当たり、Anger type のシンチカメラに VTR を接続する方法は比較的安価であり、得られた RI image data の dynamic image および curve への処理も容易に行なうことができたが、それらの解析にかなりの時間を要する難点があるため、更に電算機の導入を考慮しなければならない。

一方、志田³⁹はこのような dynamic studies に際して autofluoroscope が Anger type のシンチカメラと比べて多くの長所を有すると述べているが、本機の高価であることと今日のシンチカメラの普及情況からみて、上述の方法の方がより普及し易いと思う。

最後に、本 RI 検査における患者と術者の被曝線量について考察すると、前者は X 線的 ACG に比べ比較的小さいと考えられる³⁰が、後者はかなり大きな量になると思われる。即ち、^{99m}TcO₄⁻を静注した患者の被曝線量は、Smith⁴²によれば、10mCi 当たり甲状腺で 2.7rads、生殖器で 0.12~0.16rads、また全身で 0.13rads である。また、^{99m}Tc-HSA のそれは、Herbert ら¹⁵によれば、0.1mCi 当たり卵巣で 3.8mrems、全身で 1.4mrems で特に問題となる量ではないと考えられる。これに対し、術者の被曝線量は、山本ら⁵⁰の実測値によれば、^{99m}Tc を入れた容器や注射器を直接素手で取り扱った場合に手指で 35.4mR/h/100mCi、腹部で 16.5mR/h/100mCi とかなり大きな量となる。従つて、本 RI 検査に際しては術者に対して充分な放射線防護を必要とし、金子ら¹⁹の提唱する RI 自動注入器の使用も十分に考慮すべきであろう。

V 結 語

循環器疾患を中心とする各種疾患 135例について、recording RI ACG から得られたシンチフォトと希釈曲線を用いて、中心循環系血流動態の形態的および機能的所見を検索し、本法の臨床的有用性に關し検討の結果、以下の如き結論を得た。

1. シンチフォトの解像力は、RI 注入方法、検出方向および RI image data の撮像方法を改良することにより向上し、X 線的 ACG に比べては劣るが、中心循環系血流動態の形態的検索にお

いて十分な有用性を認める。

2. 希釈曲線の質は、AOI の設定方法を改良し、また計数の“數え落し”を補正することによつてより向上し、中心循環系血流動態の機能的検索において明らかに有用である。

3. シンチフォトと希釈曲線の形態的および機能的所見は、疾患によつて両者共に有用な場合といずれか一方がより有用な場合とがあるが、各疾患の血流動態異常は両者が相補つて的確に検出できる。従つて、シンチフォトと希釈曲線を合わせて検索し、得られる異常所見を総合的に判定することは各疾患の診断に当たり大きな意義がある。更に、術式が簡便で患者への侵襲の少ないと考え合わせると、本法は重症患者や小児に対しても安全且つ容易なスクリーニング検査法として大きな臨床的有用性を認める。

謝辞。稿を終るに臨み、御指導、御校閲を賜つた恩師石口修三教授に深甚なる謝意を表します。また本研究に対し多数の貴重なる症例の便宜をお与え下さいました本学第2内科の教室員各位に深く感謝致します。

(本研究の要旨は第31回、第32回および第33回日本医学放射線学会総会と第11回および第12回日本核医学会総会に発表した。)

文 献

- 1) Alazraki, N.P., Ashburn, W.L., Hagan, A. and Friedman, W.F.: J. Nucl. Med. 13 (1972), 142—147.
- 2) Anger, H.O.: Rev. Sci. Instruments 29 (1958), 27—33.
- 3) Anger, H.O., VanDyke, D.C., Gottschalk, A., Yano, Y. and Schaer, L.R.: Nucleonics 23 (1965), 57—62.
- 4) Ashburn, W.L., Harbert, J.C., Whitehouse, W.C., Mason, D.T. and Schuette, W.H.: J. Nucl. Med. 9 (1968), 554—561.
- 5) Burke, G., Halko, A. and Goldberg, D.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 270—280.
- 6) Burke, G., Halko, A. and Peskin, G.: J. Nucl. Med. 12 (1971), 112—116.
- 7) Carter, B.L., Johnsen, S.E., Loeffler, R.K. and Southard, M.E.: Am. J. Roentgenol. 82 (1959), 618—625.
- 8) Collins, N.P., Braunwald, E. and Morrow, A.G.: Circulation 20 (1959), 561—568.
- 9) Folsom, R. and Braunwald, E.: Brit. Heart J.

- 24 (1962), 166—172.
- 10) Freedman, G.S., Kinsella, T. and Dwyer, A.: Radiology 104 (1972), 713—715.
- 11) Graham, T.P., Goodrich, J.W. and Robinson, A.M.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 338—338.
- 12) Hamilton, W.F., Moore, J.W., Kinsman, J.M. and Spurling, R.G.: Am. J. Physiol. 99 (1932), 534—551.
- 13) Harper, P.V., Beck, R., Charleston, D. and Lathrop, K.A.: Nucleonics 22 (1964), 50—54.
- 14) Hayden, W.G. and Kriss, J.P.: Seminars in Nuclear Medicine 3 (1973), 177—190.
- 15) Herbert, R.J.T., Hibbard, B.M. and Sheppard, M.A.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 224—232.
- 16) Hurley, P.J., Poulose, K.P. and Wagner, H.N.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 344—344.
- 17) Ishii, Y. and MacIntyre, W.J.: Circulation 44 (1971), 37—46.
- 18) Jones, R.H., Sabiston, D.C., Bates, B.B., Morris, J.J., Anderson, P.A.W. and Goodrich, J.K.: Amer. J. Cardiol. 30 (1972), 855—864.
- 19) 金子昌生, 渡辺道子, 山本千秋, 加納 剛, 福富誠夫: Radioisotopes 21 (1972), 312—313.
- 20) Krishnamurthy, G.T., Srinivasan, N.V. and Blahd, W.H.: J. Nucl. Med. 13 (1972), 604—611.
- 21) Kriss, J.P.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 233—241.
- 22) Kriss, J.P., Bonner, W.A. and Levinthal, E.C.: J. Nucl. Med. 10 (1969), 249—251.
- 23) Kriss, J.P., Freedman, G.S., Enright, L.P., Hayden, W.G., Wexler, L. and Shumway, N.E.: Radiol. Clin. N. Am. 9 (1971), 369—383.
- 24) Kriss, J.P., Enright, L.P., Hayden, W.G., Wexler, L. and Shumway, N.E.: Circulation 43 (1971), 792—808.
- 25) Kriss, J.P., Enright, L.P., Hayden, W.G., Wexler, L. and Shumway, N.E.: J. Nucl. Med. 13 (1972), 31—40.
- 26) Lilienfield, L.S. and Kovach, R.D.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 91 (1956), 596—598.
- 27) Maltz, D.L. and Treves, S.: Circulation 47 (1973), 1049—1056.
- 28) Mason, D.T., Ashburn, W.L., Harbert, J.C., Cohen, L.S. and Braunwald, E.: Circulation 39 (1969), 19—28.
- 29) Matin, P., Ray, G. and Kriss, J.P.: J. Nucl. Med. 11 (1970), 78—80.
- 30) Matin, P. and Kriss, J.P.: J. Nucl. Med. 11 (1970), 723—730.
- 31) 松尾裕英, 山田義夫, 浜中康彦, 北畠 順, 仁村泰治, 阿部 裕: 総合臨牀 20 (1971), 1800—1810.
- 32) MacIntyre, W.J., Pritchard, W.H., Eckstein, R.W. and Friedell, H.L.: Circulation 4 (1951), 552—556.
- 33) Morch, J.E., Smith, H.J. and McGregor, M.: Circulation 35 (1967), 501—508.
- 34) Morch, J.E., Klein, S.W., Richardson, P., Froggatt, G., Schwartz, L. and McLoughlin, M.: Amer. J. Cardiol. 29 (1972), 812—816.
- 35) Oldendorf, W.H., Kitano, M. and Shimizu, S.: J. Nucl. Med. 6 (1965), 205—209.
- 36) Prinzmetal, M., Corday, E., Spritzler, R.J. and Flieg, W.: J. A. M. A. 139 (1949), 617—622.
- 37) Rejali, A.M., MacIntyre, W.J. and Friedell, H.L.: Am. J. Roentgenol. 79 (1958), 129—137.
- 38) Rosenthal, L.: Radiology 99(1971), 601—604.
- 39) 志田寿夫: 最新医学 28 (1971), 1914—1921.
- 40) 志田寿夫, 千代谷慶三, 三品陸人, 小塚宣人, 斎藤健一, 定方正一, 渡辺憲市: 現代の診療 16 (1974), 671—686.
- 41) Shipley, R.A., Clark, R.E., Liebowitz, D. and Krohmer, J.S.: Circ. Res. 1(1953), 428—438.
- 42) Smith, E.M.: J. Nucl. Med. 6 (1965), 231—251.
- 43) Strauss, H.W., Hurley, P.J., Zapet, B.L., Pitt, B. and Wagner, H.N.: J. Nucl. Med. 11 (1970), 364—365.
- 44) 高橋雅俊, 石井定美, 百目公一, 岡本十二郎, 村山弘泰: 内科, 30 (1972), 425—430.
- 45) 鳥塚莞爾, 浜本研, 向井孝夫, 森田陸司, 高坂唯子, 鈴木 敏: 日医放会誌 31 (1971), 119—132.
- 46) 鳥塚莞爾, 浜本研, 石井 靖, 森 徹, 向井 孝夫, 高坂唯子, 西谷 裕, 半田謙二, 小西 裕, 松岡実弥, 永井正志: 臨床科学 8 (1972), 4—15.
- 47) Wellman, H.N., Hunkar, D., Carroll, R. and Kereiakes, J.: Presented at 8th Annual Meeting Southeastern Chapter of Society of Nuclear Medicine, Lexington, Kentucky, Oct. 20, 1967.
- 48) Wellman, H.N., Hunkar, D., Kereiakes, J. and Saenger, E.L.: J. Nucl. Med. 9 (1968), 420—422.
- 49) Wesselhoeft, H., Hurley, P.J., Wagner, H.N. and Rowe, R.D.: Circulation 45 (1972), 77—91.
- 50) 山本千秋, 渡辺道子, 古賀佑彦, 金子昌生: Radioisotopes 21 (1972), 309—311.