

《原 著》

動脈管開存症における radioisotopic angiocardiology の意義

仙田 宏平* 今枝 孟義** 渡辺佐知郎*** 後藤 紘司****
 平野 昭彦**** 佐々木常雄*

要旨 動脈管開存症 (PDA) 5 症例について radioisotopic angiocardiology (RI-ACG) の動態画像および動態曲線所見を調べ、本疾患に特徴的な RI-ACG 所見を検索した。また、RI-ACG 所見を心血管造影や心カテーテルなど他検査の所見と比較し、本疾患の診断ならびに病態把握に当たっての RI-ACG の臨床的意義を検討した。

動態画像および曲線は共に本疾患に特徴的な所見をいくつか示し、これら所見は心内左右短絡疾患との鑑別に有用と考えられた。中でも、動態画像所見として肺動脈稀釈像および短絡像が、また動態曲線所見として肺および左心室曲線の初回循環波下降脚の短絡波が特徴的であった。一方、本検査は PDA に合併した肺高血圧症や心不全の診断にも有用な所見を示した。また、本検査は、連続性雑音の間歇的に消失した症例において、その血流動態の急激な変化を簡便かつ的確に検出することができた。

I. はじめに

Radioisotopic angiocardiology (以下、RI-ACG と略す) は、術式の簡便な患者への侵襲のない非観血的な心血管疾患動態検査法として、今日広く臨床利用されている。その中で、先天性心疾患、ことに、短絡疾患に関して多数の報告¹⁻⁴⁾がなされ、すでに高い臨床的評価を受けている。しかし、動脈管開存症 (以下、PDA と略す) に関しては、その先天性心疾患に占める頻度が高いにもかかわらず、まとまった報告がほとんどない。

そこで、本疾患の RI-ACG 検査所見を形態的および機能的に検索し、その特徴的な所見を心血管造影検査や心カテーテル検査など他検査の所見と比較することによって、本検査の PDA の診断

ならびに病態把握に当たっての臨床的意義を検討した。

II. 対象ならびに方法

1. 対 象

岐阜大学医学部附属病院中央放射線部にて RI-ACG を施行した各種心血管疾患計 300 余症例中、手術または心血管造影検査および心カテーテル検査によって PDA の診断が確定した 5 症例、6 検査例を対象とした。このうち、胸骨左縁上部の連続性雑音が特発的に消失した 1 症例については、雑音の聴取時と消失時のそれぞれについて 2 回の検査を行なった。

対象の年齢、性別、確定診断方法および合併症は Table 1 に示すごとくであった。なお、心血管造影検査および心カテーテル検査は、症例 5 の雑音消失時検査例を除くすべての例で、RI-ACG の施行前後 1 か月以内に行なわれた。

2. RI-ACG の方法

検出装置としてアンガー型シンチカメラ (Nuclear Chicago 製, Pho/Gamma HP) を用い、これにビデオ装置 (Nuclear Chicago 製, Pho/Gamma Data Store/Play Back System), レート・メータ

* 名古屋大学医学部放射線医学教室

** 岐阜大学医学部放射線医学教室

*** 県立岐阜病院循環器科

**** 岐阜大学医学部第 2 内科学教室

受付: 54 年 9 月 2 日

最終稿受付: 54 年 10 月 31 日

別刷請求先: 名古屋市中区和区鶴舞町 65 (☎ 466)

名古屋大学医学部放射線医学教室

仙田 宏 平

Table 1 Subjects

Case No.	Name	Age	Sex	Diagnosis established by	Complication
1)	A. U.	20	male	operation, ECG, catheterization	none
2)	T. A.	23	male	operation, ACG, catheterization	none
3)	K. O.	24	female	operation, ACG, catheterization	pulmonary hypertention
4)	T. I.	43	female	ACG and catheterization	pulmonary hypertention congestive heart failure
5)	M. M.	27	female	operation, ACG, catheterization	none

(島津製, Model ER-20) および 2-ペンレコーダ (島津製, Unicorder UR-225) を接続した。また, レート・メータにはすでに報告した対数変換器⁵⁾と計数数え落とし補正器⁶⁾とを組み込んだ。検査に際し, 140 keV 高分解能コリメータを装着した検出部は背臥位にて安静とした患者の左斜前 45° 胸壁に密着させた。

放射性医薬品として ^{99m}Tc-人血清アルブミン (以下, ^{99m}Tc-HSA と略す) を用い, その 15~20 mCi, 0.3~0.7 ml を患者の右肘静脈 (尺側皮静脈) から三方活栓を用いたフラッシング法によって bolus injection した。

^{99m}Tc-HSA 注入直後から 2~9 分間の画像データは, いったんビデオ装置に収録し, これを再生時に中心循環の動態画像と関心領域の動態曲線とに処理した。動態画像は, 右心室, 肺野および左心室の関心領域動態曲線の 3 つのピーク時間を参考にして画像データの再生時相を決め, 右心相, 左心相および中心循環相全体 (右心相兼左心相) の 3 相の初回 RI 循環像を 3 枚のシンチフォトとして撮像した。動態曲線は, 右心室中央, 左肺野下方外側および左心室中央に比較的小さな関心領域 (以下, ROI と略す) を設定し, これら ROI についての 3 曲線を 1 枚の片対数チャートに重ねて記録した。その際, 各 ROI 曲線は, 対数変換と計数数え落とし補正を行なって, chart speed 20 または 50 cm/min, scale range 2~5 kcps, time constant 0.1 または 1.0sec で記録した。

3. RI-ACG 所見の検索方法

動態画像から, 次に述べるごとき形態的および機能的所見を検索した。(1) 肺動脈幹, 左心室あるいは上行大動脈の拡張像, (2) 下肺野に対する上肺野の輝点分布の相対的増加, すなわち, 上肺野の血流増加像, (3) 右心像に出現する肺動脈幹分岐部からその末梢にかけての局所的稀釈像 (以下, 肺動脈稀釈像と略す), (4) 左心像に出現する肺動脈幹分岐部からその末梢にかけての異常に早期な再循環像 (以下, 肺動脈短絡像と略す)。

他方, 動態曲線から, 次に述べるごとき機能的所見を検索した。(1) 右心室および左心室曲線の 2 つのピーク時間から peak to peak で算出した右室一左室循環時間, (2) 肺および左心室曲線のそれぞれの初回循環波下降脚の片対数的直線部分の短縮 またはこれに続く異常に早期な再循環波 (以下, 両所見を短絡波と一括), (3) 肺および左心室曲線のそれぞれの正常な再循環波の平坦化。

これら RI-ACG 所見の出現程度は, 認めなかった場合を (ー), 認めた場合にはその程度を軽度, 中等度および高度とに判別し, それぞれ (±), (+), (++) と表わした。ただし, 右室一左室循環時間については, その正常範囲を筆者の経験⁵⁾から 5.1~6.9 秒とし, これより短縮または延長した場合に所見 (+) と判定した。

さらに, 肺曲線からいわゆる面積比法⁷⁾によって左右方向短絡率を算定した。その際, 初回循環波下降脚の外挿手技などを変えつつ 4 回計測し, その値の平均値として算出した。

III. 結 果

1. 動態画像所見の検討

対象 5 症例, 6 検査例で得られた右心, 左心および両心相の動態画像は Fig. 1 に示すごとくで

あった. また, これら 6 検査例の主な動態画像所見の出現程度は Table 2 に示すごとくであった.

すなわち, 動態画像所見のうち, 肺動脈短絡像が最も高い頻度でかつ高度に検出され, この出現程度の高い例では他の画像所見も高度に出現する

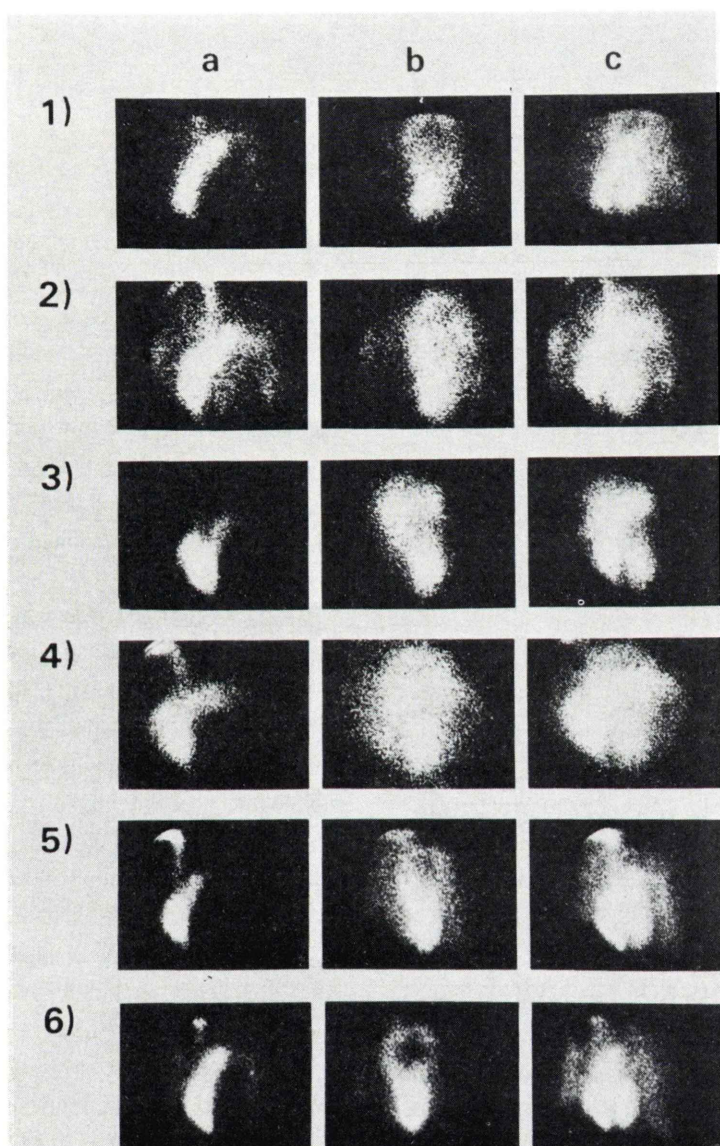


Fig. 1 Dynamic images during the first circulation of radioisotope: a) Right heart phase b) Left heart phase, c) Right and left heart phase, 1) Case 1, 2) Case 2, 3) Case 3, 4) Case 4, 5) Case 5 with continuous murmur, 6) Case 5 without continuous murmur

Table 2 Findings of the dynamic images

Case	Dilatation of main pulm. art.	Dilatation of left Vent.	ascend. aorta	Image of increased blood flow in the upper lung field	Dilution image of the pulmonary	Shunt image to the pulmonary artery
1) A. U.	±	—	—	—	—	±
2) T. A.	—	+	±	—	+	+
3) K. O.	++	±	±	++	++	++
4) T. I.	++	±	±	++	+	++
5) M. M. [continuous murmur (+)]	—	—	—	—	±	+
6) M. M. [continuous murmur (—)]	—	—	—	—	—	—

傾向にあった。また、肺動脈幹の拡張像が高度であった2例では、上肺野の血流増加像が高度に認められた。

一方、症例5では、連続性雑音聴取時に肺動脈稀釈像および短絡像が観察できたのに対し、雑音消失時にはこれら2所見は認められなかった。

2. 動態曲線所見の検討

対象5症例、6検査例で求めた動態曲線はFig. 2に示すごとくであった。供覧する動態曲線は、各検査例において、所見の最も的確に表わされた記録条件のものを選んだ。

6検査例で検索された動態曲線所見の出現程度は、Table 3に示すごとくであった。

動態曲線所見はいずれも高い頻度で出現し、いずれの例においても、右心室曲線は、正常再循環波の平坦化傾向を示したが、その下降脚に短絡波を出現させることがなかった。

右室—左室循環時間の異常として、その高度の短縮が半数例で認められたが、延長を示す例もあった。一方、肺および左心室曲線に見られた短絡波の出現程度は、同じROI曲線における正常再循環波の平坦化の程度とよく相関していた。

症例5の2回の検査における動態曲線所見を比較すると、連続性雑音聴取時に見られた2つの波形異常所見は消失時に認められず、また聴取時に正常範囲にあった右室—左室循環時間は消失時にやや延長した。

他方、面積比法で算出した左右方向短絡率は、

短絡波の出現のなかった症例5の連続性雑音消失時例を除き、多数例で大きな値を示した。また、この短絡率算定値は前に述べた動態画像所見および動態曲線の波形異常所見の出現程度と比較的相関する傾向にあった。しかし、この短絡率算定値は、肺曲線の記録条件やその初回循環波下降脚の直線部分の外挿手技によって変動し易く、ことに、下降脚の勾配の緩やかな症例（症例4）では、4回計測の変動係数 (coefficient of variability) が30%以上に及んだ。

3. RI-ACG 所見と他検査所見との比較検討

対象5症例の心血管造影および心カテーテル検査の主な所見は、Table 4に示すごとくであった。

各症例について、心血管造影検査と前述のRI-ACG動態画像の所見を比較すると、肺動脈幹、左心室あるいは上行大動脈の拡張所見の程度は両検査間で比較よく一致した。また、肺動脈造影における再造影像 (reopacification) が、RI-ACGにおける肺動脈短絡像と同様に高頻度で認められた。しかし、RI-ACGの肺動脈稀釈像に対応すると考えられる肺動脈造影時のnegative jet像は明らかでない例が多かった。

他方、心カテーテル検査と前述のRI-ACG動態画像の所見を比較したところ、RI-ACGで上肺野の血流増加像があった2症例が、いずれも20 mmHgを大きく越えた肺動脈圧を示した。また、心カテーテル検査で求めた左右方向短絡率とRI-ACG動態曲線所見とを比較すると、短絡率の大

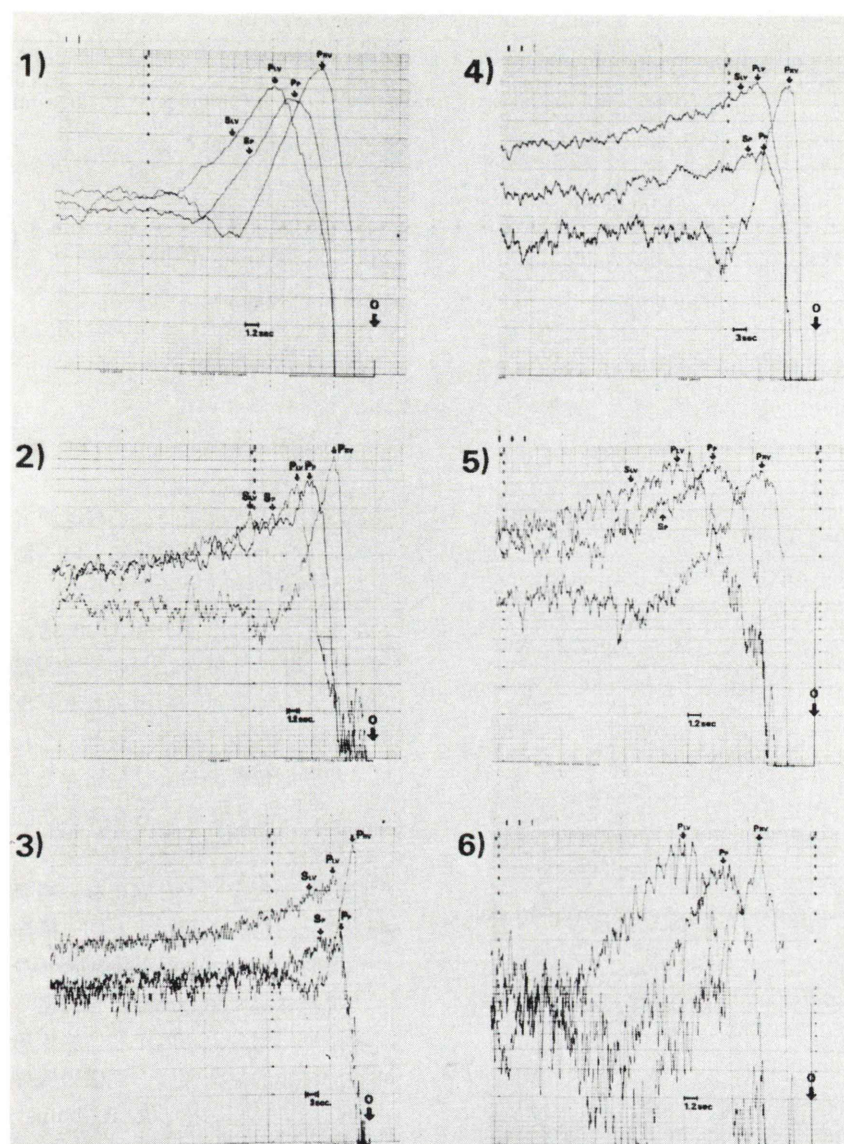


Fig. 2 Dynamic curves of the regions of interest (RV: Right ventricle, P: Lung field, LV: Left Ventricle) Large letters of O, P and S indicate injection point, peak of the first circulation wave and the abnormal recirculation wave, respectively.
1) Case 1 (time constant: 1.0 sec), 2) Case 2 (time constant: 0.1 sec), 3) Case 3 (time constant: 0.1 sec), 4) Case 4 (time constant: 1.0 sec), 5) Case 5 with continuous murmur (time constant: 0.1 sec), 6) Case 5 without continuous murmur (time constant: 0.1 sec)

きさと動態曲線の波形異常の程度がよく相関する傾向を示した。さらに、心カテテル検査と RI-ACG 動態曲線の左右方向短絡率を比較すると、

両測定値は、症例ごとでは大きな差が認められたが、同様の傾向で増減していた。ただし、心カテーター検査で15%の右左方向短絡をも示した症例

Table 3 Findings of the dynamic curves

Case	RL-LV transit time (sec)	Shunt waves of the pulmonary and the left ventricular curves	Flattening of normal recirculation waves of the pulmonary and the right ventricular curves	Shunt fraction (%) calculated by area-ratio method
1) A. U.	++ (4.4)	—	±	35
2) T. A.	++ (3.6)	++	++	96
3) K. O.	++ (4.5)	++	++	109
4) T. I.	+ (7.8)	+	+	77
5) M. M. [continuous murmur (+)]	— (6.8)	+	+	59
6) M. M. [continuous murmur (—)]	+ (7.7)	—	—	0

Table 4 Findings on X-ray angiocardiography and catheterization

Case	ACG		Catheterization	
	Negative jet	Reopacification	Mean pressure of the pulmonary artery (mmHg)	Left to right shunt fraction (%)
1) A.U.	—	+	18	36.1
2) T.A.	—	+	18–20	57.9
3) K.O.	±	+	66	62.4
4) T.I.	±	+	80	26*
5) M.M.	—	+	22	35

* This case was associated with the right to left shunt of 15%

4では、RI-ACG でこれを検出することができなかった。

IV. 考 察

RI-ACG による心内短絡疾患の診断は、Kriss ら¹⁾ や Mason ら²⁾ が動態画像から、また Rosenthal³⁾ や Alazraki ら⁴⁾ が動態曲線から検討し、すでに報告している。しかし、PDA についての報告はこれまでほとんど見られず、そのままとったものはない。

今回、われわれが検討した5症例のPDAは、他の心奇型の合併がなく、軽度の逆短絡を伴った1症例を除けば、いずれも左右方向短絡だけであった。ただし、それらの内の1症例は特発的に連

続性雑音の消失を生じ、これは通常のPDAと同様にメトキシアミン負荷後にもいったん消失することが心音図によって確認された。

本疾患におけるRI-ACG所見として、肺動脈幹や左心室の拡張像など形態的所見も見られたが、大動脈から肺動脈への短絡血流を反映した機能的所見が高い頻度で認められた。これは、動態画像にて肺動脈稀釈像および短絡像として、また、動態曲線にて肺および左心室曲線初回循環波下降脚への短絡波として出現した。

肺動脈稀釈像は、心内左右短絡疾患において右心腔に見られる稀釈像¹⁾と同じ機序によって、初回循環時のRI-bolusが肺動脈への短絡血流によって稀釈されて生じたものと考えられた。また、肺動脈短絡像は、心内左右短絡疾患で見られる右心腔の持続的描画像¹⁾と同様の機序により、初回循環にて大動脈に達したRI-bolusの一部が短絡血流を介して肺動脈へ再出現したのと考えられ、この再出現のため、肺野と左心腔は長時間描出される⁸⁾こととなった。

肺および左心室曲線初回循環波下降脚の短絡波は、短絡率の大きな2例を除けば、はっきりしたピークを示すことなく、同下降脚の片対数的直線部分の短縮あるいは2相性化として出現した。また、短絡波の存在は同ROI曲線の正常再循環波の平坦化または消失によって、あるいは右心室曲線の下脚の勾配と比較することによって示唆さ

れた。

肺曲線の短絡波は、心内左右短絡疾患の右心室ならびにその下流の ROI 曲線に見られる波形異常⁵⁾と同様の機序により、初回循環のピーク後しだいに減少しつつある肺内の放射能が大動脈からの短絡血流中放射能によって再び増加したために生じたものと考えられた。従って、肺曲線の短絡波は、左心室曲線の初回循環ピーク時の数秒後に出現し、左心室曲線の短絡波を伴った。しかし、右心室曲線にはこの波形異常は全く認められなかった。

この点が本疾患と心内左右短絡疾患との鑑別上重要な所見となるであろう。ただし、初回循環時の RI-bolus が短絡血流によって強く稀釈されるため、右心室曲線においても正常再循環波は平坦化した。

動態曲線からの左右短絡の検出能は、Jones ら⁹⁾の心内左右短絡疾患による成績では30%以上の短絡率があれば可能といわれ、本疾患における結果もこの成績と同様であった。他方、動態曲線から面積比法で算出された左右方向短絡率は、心カテーター検査で求めたそれと比べ相関する傾向を示したが、肺曲線の記録条件や同曲線初回循環波下降脚の外挿手技によって大きく影響された。また、この影響は症例4のごとく右室-左室循環時間の長い例で強く、これは Maltz and Treves¹⁰⁾が心内左右短絡の有名な検出法である C_2/C_1 ratio¹¹⁾に対して指摘した右室駆出率の低下が関与したためと考えられた。いずれにしても、この結果は短絡率のアナログ的算出法の限界を意味した。

RI-ACG の動態画像および曲線は、上述のごとく、共に本疾患の短絡血流動態をとらえる上に有用であったが、それぞれ独自の有用性を示唆した。すなわち、動態画像は、肺動脈圧の高かった2症例で Friedmann ら¹²⁾の肺シンチグラムで得たと同様の上肺野の血流増加像を示し、本疾患に合併しやすい肺高血圧症の診断に有用であった。また、動態曲線から求めることのできる中心循環時間は、左右短絡疾患では肺血流量の増加を反映して短縮する¹⁰⁾が、心不全があると心拍出量の減

少あるいは肺血流量の増加を反映して延長するといわれ¹¹⁾、本疾患での成績も同様の傾向を示した。

RI-ACG の有用性の1つである反復検査の簡便さは症例5で確認できた。本症例の連続性雑音の聴取時と消失時の RI-ACG 所見は大きな差異を示し、消失時には左右短絡所見が消失し、中心循環時間が軽度延長した。これは雑音消失時に短絡血流が著明に減少もしくは消失したためと理解された。本症例における連続性雑音の間歇的消失は、手術時に確認された細長い動脈管が、Sakamoto ら¹³⁾のいうように、縦隔内でわずかに偏位し、短絡血流に一時的な閉鎖機転をきたしたために生じたものと考えた。本症例におけるこのような血流動態の急激な変化に即し、これを簡便かつ的確に検出できたことは RI-ACG の大きな意義であった。

V. 結 語

PDA について得た RI-ACG の動態画像および動態曲線所見を調べ、本疾患に特徴的な RI-ACG 所見を探索した。また、RI-ACG 所見を心血管造影や心カテーターなど他検査の所見と比較し、PDA の診断ならびに病態把握に当たっての本検査の意義を検討した。その結果、以下に述べるごとき成績を得た。

1) 動態画像および曲線は共に本疾患に特徴的な所見をいくつか示し、これら所見は心内左右短絡疾患との鑑別に有用と考えられた。

2) 動態画像所見として、肺動脈稀釈像および短絡像が、また、動態曲線所見として、肺および左心室曲線の初回循環波下降脚の短絡波が最も特徴的であった。

3) また、これら所見の出現程度は心カテーター検査で測定した左右方向短絡率の大きさとよく相関する傾向にあった。

4) 一方、動態画像で見られた上肺野の血流増加像は肺高血圧症の合併を、また動態曲線から求めた中心循環時間の延長は心不全の合併を診断する上に有用であった。

5) 他方、連続性雑音の間歇的に消失する症例

において、本検査はその血流動態の急激な変化を簡便かつ的確に把えることができた。

6) 動態曲線から面積比法で算出した左右方向短絡率は、心カテーテル検査で測定したそれと比べ、相関する傾向を示したが、外挿手技などによる影響の大きい欠点があった。

本論文の要旨は第37回日本医学放射線学会総会で発表した。

文 献

- 1) Kriss JP, Enright LP, Hayden WG, et al: Radioisotopic angiocardiology: Findings in congenital heart disease. *J Nucl Med* **13**: 31-40, 1972
- 2) Mason DT, Ashburn WL, Harbert JC, et al: Rapid sequential visualization of the heart and great vessels in man using the wide-field Anger scintillation camera. Radioisotope-angiography following the injection of technetium-99m, *Circulation* **39**: 19-28, 1969
- 3) Rosenthal L: Nucleographic screening of patients for left-to-right cardiac shunts. *Radiology* **99**: 601-604, 1971
- 4) Alazraki NP, Ashburn WL, Hagan A, et al: Detection of left-to-right cardiac shunts with the scintillation camera pulmonary dilution curve. *J Nucl Med* **13**: 142-147, 1972
- 5) 仙田宏平: Recording radioisotopic angiocardiology の臨床的応用に関する研究. *日本医放会誌* **35**: 28-51, 1975
- 6) 仙田宏平, 今枝孟義, 加藤敏光, 他: 計数数え落とし補正器の試作および検討, *核医学* **13**: 621, 1976 (Abstract)
- 7) Anderson PAW, Jones RH, Sabiston DC: Quantitation of left to right cardiac shunts with radionuclide angiography. *Circulation* **49**: 512-516, 1974.
- 8) Jones RH, Anderson PAW: Congenital heart disease: Imaging and analytic methods. Quantitative nuclear cardiology. Pierson RN, Kriss JP, Jones RH, MacIntyre WJ. eds. pp 32-65, John Wiley & Sons, New York-London-Sydney-Toronto, 1975
- 9) Jones RH, Sabiston DC, Bates BB, et al: Quantitative radionuclide angiocardiology for determination of chamber to chamber cardiac transit times. *Amer J Cardiol* **30**: 855-864, 1972
- 10) Maltz DL, Treves S: Quantitative radionuclide angiocardiology. Determination of Qp: Qs in children. *Circulation* **47**: 1049-1056, 1973
- 11) Shipley RA, Clark RE, Liebowitz D, et al: Analysis of the radiocardiogram in heart failure. *Circ Res* **1**: 428-438, 1953
- 12) Friedman WF, Braunward E: Alteration in regional pulmonary blood flow in mitral valve disease studied by radioisotope scanning. A simple nontraumatic technique for estimation of left atrial pressure. *Circulation* **34**: 363-376, 1966
- 13) Sakamoto T, Takabatake Y, Uozumi Z, et al.: Atypical response of intermittent continuous murmur of patent ductus arteriosus to vasoactive agents, with particular reference to the external and intracardiac phonocardiography. *Jap Heart J* **8**: 318-327, 1967

Summary

Evaluation of Radioisotopic Angiocardiology in Patent Ductus Arteriosus

Kohei SENDA*, Takeyoshi IMAEDA**, Sachiro WATANABE***,
Koshi GOTO****, Akihiko HIRANO**** and Tsuneo SASAKI*

**Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine*

***Department of Radiology, Gifu University School of Medicine*

****Department of Circulation, Gifu Prefectural Hospital*

*****Department of 2nd Internal Medicine, Gifu University School of Medicine*

Dynamic images and curves obtained from radioisotopic angiocardiology (RI-ACG) using video recording system were studied in 5 patients with patent ductus arteriosus (PDA), to disclose any characteristic findings of PDA on this radioisotopic examination. And, the examination was evaluated with reference to diagnosis and assessment of status of PDA, comparing with other radiological examinations including angiocardiology and catheterization.

Both the dynamic images and the dynamic curves of RI-ACG showed some characteristic findings of PDA, which was considered to be valuable to differentiate the intracardiac left to right shunt in atrial or ventricular septal defect. It was very characteristic of PDA that dynamic images showed regional dilution and recirculation patterns in the region of the main pulmonary artery to its periph-

ery, and dynamic curves presented shunt waves on the descending limbs of the first circulation waves of both the pulmonary and the left ventricular region of interest.

The Degrees of appearance of these characteristic findings showed a tendency to well correlate with the value of the left to right shunt fraction calculated by catheterization technique.

On the other hand, RI-ACG showed useful findings to diagnose pulmonary hypertension or heart failure associated with PDA. And, RI-ACG was very useful to detect an abrupt change of the central circulation dynamics in a patient with PDA, in whom continuous murmur characteristic of PDA disappeared intermittently.

Key words: Radioisotopic angiocardiology, Patent ductus arteriosus, Dynamic image and curve studies