

《原 著》

First-pass 法を用いた右室機能の臨床的評価

— 各種心疾患における血行力学的パラメーターとの比較 —

金谷 透* 渡辺 佳彦** 殿岡 一郎* 佐藤 聡*
 立木 楷* 安井 昭二* 宮沢 光瑞*** 駒谷 昭夫****
 高橋 和栄****

要旨 First pass 法を用いた心 RI アンジオグラフィを正常者、虚血性心疾患患者、右室圧負荷のある患者、計50名に施行し、安静時右室駆出率 (RVEF)、容積曲線の一次微分 dV/dt を収縮期および拡張期で算出し、心臓カテーテルのデータと比較した。RVEF の正常群の値は $50.8 \pm 8.7\%$ であった。RVEF は右室圧負荷群と下壁心筋梗塞群で有意に低値 (それぞれ $34.5 \pm 14.3\%$ (mean \pm SD), $41.3 \pm 6.2\%$) を示し、右室機能低下が示された。さらに RVEF と収縮期最大 dV/dt は右室の前負荷である右室拡張末期圧と相関を認めず、後負荷である平均肺動脈圧、肺血管抵抗等と有意の負の相関を示した ($r = -0.46$, $p < 0.01$, $r = -0.56$, $p < 0.001$)。本法は右室機能を非侵襲的に評価する有用な検査法であると考えられた。

I. はじめに

近年、computer を利用した心臓の核医学検査法は各種心疾患の診断、定量的心機能解析に優れた方法として広く用いられている。しかしながら、これらの多くは左室駆出率、左室容量、逆流率、短絡率等、主として左心室の情報に関するものであり、右心系に関する詳細な報告は数少ない。RI 法による右室駆出率 (RVEF) の測定は、従来の造影法における右室の煩雑な図形近似計算を必要とせず、カウント法にて算出するため、より正確に簡便に求めうる利点を有している。今回著者らは、心 RI アンジオグラフィ・ファーストパス法 (以下 RNA・FP 法) を用いて右室に関する容積曲線 (volume curve) を求め、心臓カテーテルのデータ

と比較して本法の有用性と限界につき検討するとともに、文献的考察を加えた。

II. 対 象

対象は当院にて RNA・FP 法を施行した50名で、年齢分布は32～84歳、平均年齢54.4歳、性別は男性36名、女性14名である。疾患の診断は臨床症状、安静時および treadmill 運動負荷心電図、タリウム心筋シンチグラフィ、心臓カテーテル等よりなされ、以下の5群に大別した。すなわち、1) 正常 (A 群) 11名、2) 右室にのみ圧負荷を有するもの (B 群) 11名、3) 右冠動脈 (RCA) 近位部に有意狭窄のない左室前壁、中隔もしくは側壁心筋梗塞 (C 群) 10名、4) RCA に有意狭窄のある下壁心筋梗塞 (D 群) 8名、5) RCA に有意狭窄のない労作狭心症 (E 群) 10名である。なお、B 群には原発性肺高血圧症1名、純型僧帽弁狭窄症もしくは狭窄が優位な僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症6名、肺性心4名が含まれている (Table 1)。

III. 方 法

患者体位は安静仰臥位とし、5分間安静を保たせた後、 ^{99m}Tc ヒト血清アルブミン 20 mCi を右

* 山形大学医学部第一内科

** 名古屋保健衛生大学内科

*** 山形大学医学部付属病院中央検査部

**** 同 放射線科

受付: 58年9月12日

最終稿受付: 58年12月12日

別刷請求先: 山形市蔵王飯田字西の前 (☎ 990-23)

山形大学医学部第一内科

金 谷 透

Table 1 Subjects

Groups	No. (F)	Age (yrs)	
		Range	Mean
A) Normal	11 (6)	32-81	53.0
B) Right ventricular overload	11 (4)	32-68	49.6
C) Myocardial infarction (ANT, LAT)	10 (1)	42-70	56.2
D) Myocardial infarction (INF)	8 (2)	48-84	62.3
E) Angina pectoris RCA (-)	10 (1)	41-66	55.5
Total	50 (14)	32-84	54.4

肘静脈より bolus で静注 (生食 20cc で 3~5 秒) し, ピークエネルギー 140 KeV, ウィンドウ幅 35% で slant hole collimator を装着したシンチカメラ Ohio-nuclear Σ 410 S と on line で接続したミニコンピューター DEC 社 PDP 11/34 に gated list mode でデータを収集した。得られたデータより, ECG の R-R 間隔を 20 等分して右室に関する一心周期の画像を再編成し, マニュアルにて連続イメージより収縮期に移動する三尖弁, 肺動脈弁を含まないように右室の関心領域 (ROI) を設定した。第一斜位 30° における background として右室に重なる左中下肺野 (右室心尖部外側) に background ROI を Fig. 1 (A) のごとく設定した。以上の処理を行った後, 右室に関する一心周期の時間放射能曲線より RVEF (%) を算出し, volume curve の一次微分曲線より maximal ejection rate (MER), maximal filling rate (MFR) を求めた (Fig. 1 (B)).

心臓カテーテルは 50 例中 33 例に施行し, cuvette を用いた色素希釈法により心拍出量 (CO), 心係数 (CI) を求めた。また, fluid-filled system にて, 平均大動脈圧 (AoPm), 平均肺動脈楔入圧 (PAWm), 肺動脈収縮期圧 (PASP), 平均肺動脈圧 (PAPm), 平均右房圧 (RAm), 右室拡張末期圧 (RVEDP) を測定した。肺小動脈抵抗 (PAR) = (PAPm - PAWm) / CO, 全肺血管抵抗 (TPR) = PAPm / CO, 全末梢血管抵抗 (SVR) = AoPm / CO を算出した。心臓カテーテル全症例に左右冠動脈造影を施行し, 75%

Table 2 LVEF, RVEF and LVEF/RVEF in each group at rest by first-pass radionuclide angiography

	LVEF (%)	RVEF (%)	LVEF/RVEF
A)	70.0 ± 12.3	50.7 ± 8.7	1.4 ± 0.2
B)	52.7 ± 10.9***	34.5 ± 14.3**	1.9 ± 1.1
C)	44.4 ± 18.5***	47.5 ± 11.2	0.9 ± 0.3***
D)	40.9 ± 16.5***	41.3 ± 6.2*	1.0 ± 0.4*
E)	65.6 ± 12.2	46.7 ± 6.4	1.5 ± 0.3

*: p < 0.05 vs normal (Values are mean ± SD)

**: p < 0.01 vs normal

***: p < 0.001 vs normal

Table 3 Maximal ejection rate and maximal filling rate of right ventricle by first-pass radionuclide angiography

	(RV: dV/dt)	(l/sec)
	Max. ejection rate	Max. filling rate
A)	2.1 ± 0.70	2.2 ± 0.95
B)	1.6 ± 0.62*	1.7 ± 0.82
C)	2.2 ± 0.43	1.9 ± 0.90
D)	2.2 ± 0.55	2.0 ± 0.70
E)	2.2 ± 0.70	1.9 ± 0.70

*p < 0.05 vs normal (Values are mean ± SD)

以上狭窄を有意狭窄とした。なお, 頻脈性心房細動, 多発性期外収縮の発生した症例は除外した。

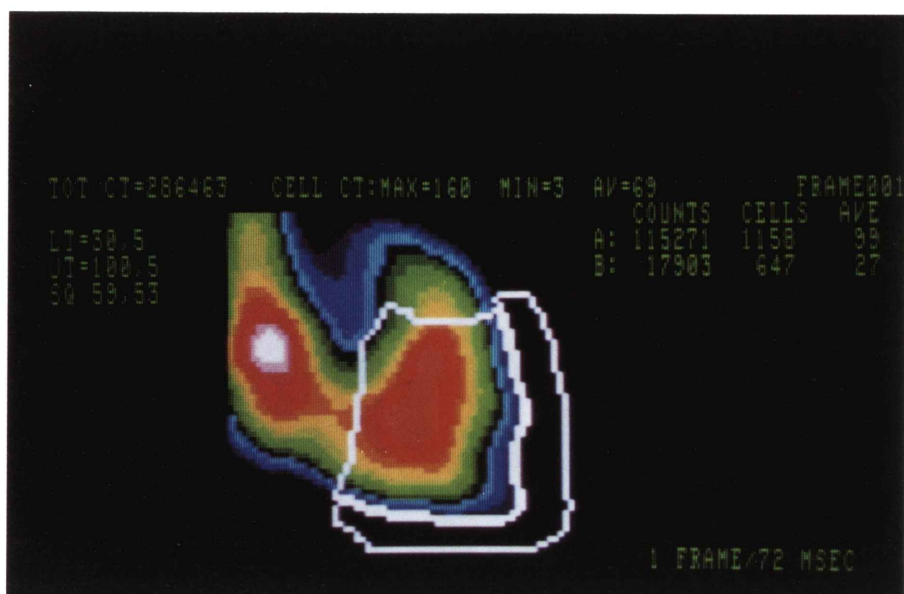
IV. 結 果

1. RVEF に関する検討

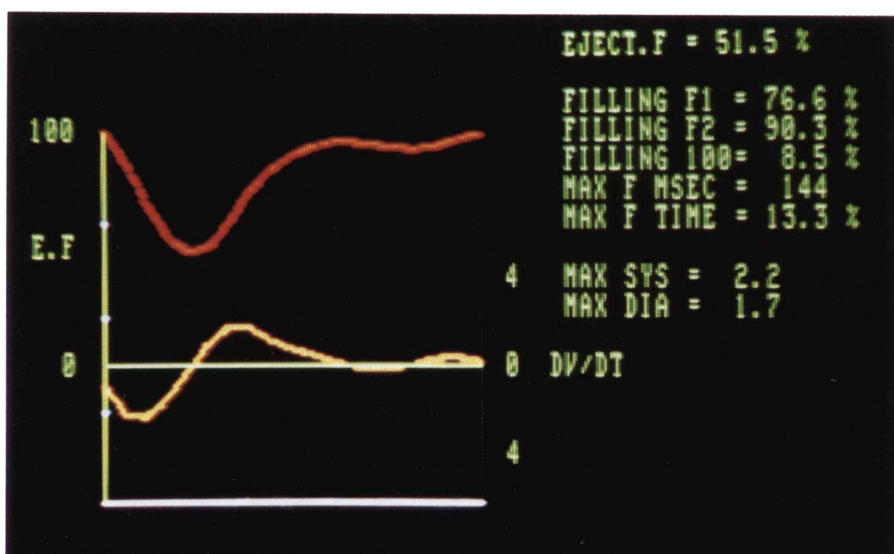
各群における RNA・FP 法より求めた RVEF, 左室駆出率 (LVEF) および LVEF/RVEF は Table 2. のごとく, RVEF は A 群では, 50.7 ± 8.7% であったのに対して, 右室圧負荷の存在する B 群, RCA に有意狭窄病変のある D 群ではそれぞれ 34.5 ± 14.3%, 41.3 ± 6.2% と正常群に比し有意に低値であった。虚血性心疾患中, RCA に狭窄のない C 群, E 群の RVEF は正常群と有意差はなかった。LVEF/RVEF は心筋梗塞を有する C 群, D 群が有意に低値を示した。

2. 右室の dV/dt の検討

右室における dV/dt (MER, MFR) につき検討した結果を Table 3 に示す。MER は B 群が他群



(A)



(B)

Fig. 1 (A): Right ventricular region of interest (ROI) and background ROI superimposed upon the right heart image (RAO projection).
 (B): Right ventricular volume curve (upper) and dV/dt curve (lower) by first pass radionuclide angiography.

Table 4 Relationship between radionuclide and hemodynamic parameters

	RVEF (%)	MER (1/sec)	MFR (1/sec)
PASP (mmHg)	$r = -0.46$ $p < 0.01$	$r = -0.49$ $p < 0.003$	NS
PAPm (mmHg)	$r = -0.51$ $p < 0.01$	$r = -0.50$ $p < 0.002$	NS
RAm (mmHg)	NS	NS	NS
RVEDP (mmHg)	NS	$r = -0.39$ $p < 0.05$	NS
PAR (dyne bsec·cm ⁻⁵)	$r = -0.48$ $p < 0.004$	$r = -0.40$ $p < 0.02$	NS
TPR (dyne bsec·cm ⁻⁵)	$r = -0.56$ $p < 0.001$	$r = -0.57$ $p < 0.001$	NS
SVR (dyne bsec·cm ⁻⁵)	NS	NS	NS
CO (l/min)	$r = 0.46$ $p < 0.01$	$r = 0.40$ $p < 0.02$	NS
CI (l/min/m ²)	$r = 0.49$ $p < 0.01$	$r = 0.46$ $p < 0.006$	NS

Abbreviations: PASP; pulmonary artery systolic pressure, PAPm; mean pulmonary artery pressure, RAm; mean right atrial pressure, RVEDP; right ventricular end-diastolic pressure, PAR; pulmonary arteriolar resistance, TPR; total pulmonary resistance, SVR; systemic vascular resistance, CO; cardiac output, CI; cardiac index, RVEF; right ventricular ejection fraction, MER; maximal ejection rate, MFR; maximal filling rate

に比し有意に低く、MFR は各群間で有意差は認められなかった。

3. 心臓カテーテルのパラメーターとの関係

心臓カテーテルより得られた各パラメーターと RVEF, MER, MFR との関係を Table 4 に示す。RVEF と MER は右室の後負荷を表わす PASP, PAPm, PAR, TPR と有意の負の相関を示した。Fig. 2-a, 2-b に RVEF と PAPm, RVEF と TPR との関係を示した。また、Fig. 3-a, 3-b に MER と PAPm, MER と TPR との関係を示した。CI は 2.4 l/min/m², TPR は 400 dyne·sec·cm⁻⁵ を境に 2 群に大別し、RVEF を比較した結果を Fig. 4-a, 4-b に示す。CI は 2.4 l/min/m² 以下の群、TPR は 400 dyne·sec·cm⁻⁵ 以上の群が有意の低値を示した。

V. 考 察

心血管造影法による右室機能評価の報告^{1~6)} は現在までに幾つかなされてきたが、右室が複雑な形態を有するため、必ずしも満足な結果を得ているとはいえない。一方、本法は造影剤の心機能へ与える影響を除外することができ、右室の複雑な形態を図形近似する必要がないなどの利点を有し、非侵襲的に右室の正確な情報を把握できる。

RVEF 算出に関して著者らは FP 法を用いたが、その理由は平衡時法に比し、右室と左室との重なりを temporal に避けることができ、呼吸性移動がないので、background 補正、ROI の設定をより正確に行いうると考えたからである。RVEF の算出の再現性としては同一オペレーターにおいて 2 回施行した場合 $r = 0.94$ の良好な結果が得られ、異なるオペレーター間では $\pm 5\%$ 程度の差が生じた。22 症例において本法による RVEF と右室造影より Graham らの方法⁷⁾ に従い算出した RVEF を比較した成績では、両者間に、 $r = 0.74$, $p < 0.01$ と良好な正相関を認めた⁸⁾。また本法は 3~4 心拍を加算し、一心周期の右室画像を再構成するために、従来からの時系列曲線から平均値として算出する方法よりも統計的変動は少ないと考えられた。

従来左室機能解析に用いられてきた FP 法の右室機能評価への適用に関しては、植原⁹⁾, Steele¹⁰⁾, Tobinick¹¹⁾ らの報告があるが、心臓カテーテルのデータとの詳細な比較を行った報告は数少ない。

著者らの成績で正常群の RVEF は $50.8 \pm 8.7\%$ であり、諸家らの報告 (51~57%) と差がなかった。また、RVEF, MER の 2 つのパラメーターが右室の前負荷よりも後負荷に強く影響を受けることが示されたが、Brent らもほぼ同様の結果を報告している¹²⁾。右室収縮能の評価においては単に肺循環障害の程度だけではなく、その持続、hypoxia の心筋に与える影響などについても十分な考慮を要する^{13,14)}。

右室の収縮様式は左室のそれと異なり、駆出期

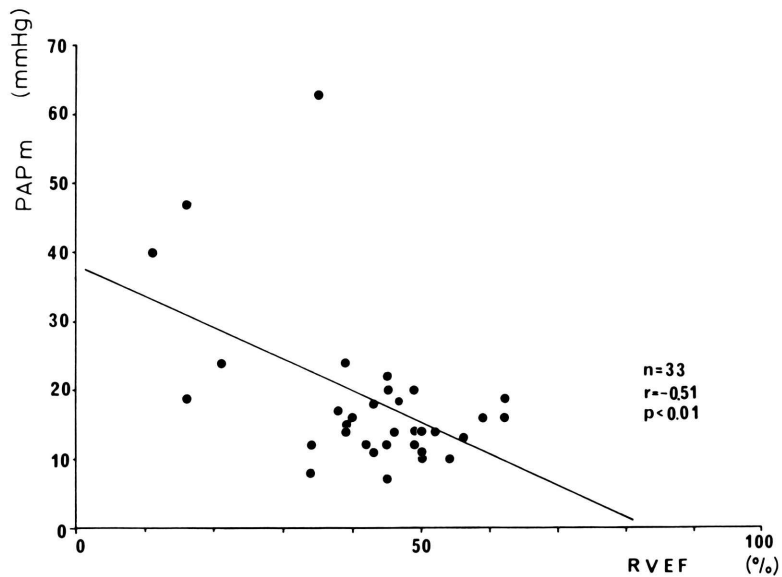


Fig. 2-a Relationship between right ventricular ejection fraction (RVEF) and mean pulmonary arterial pressure (PAPm).

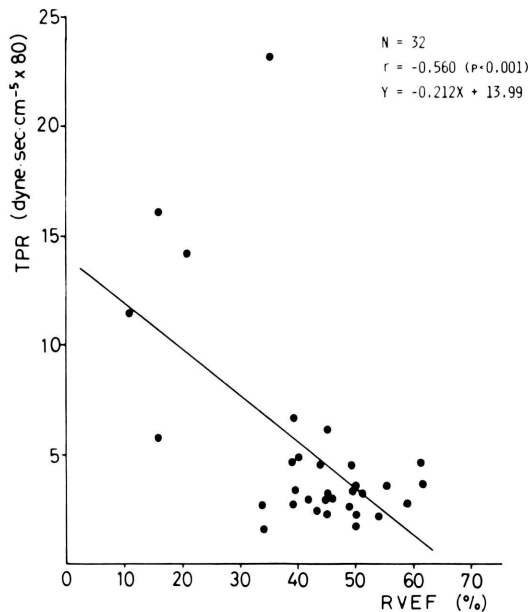


Fig. 2-b Relationship between right ventricular ejection fraction (RVEF) and total pulmonary resistance (TPR).

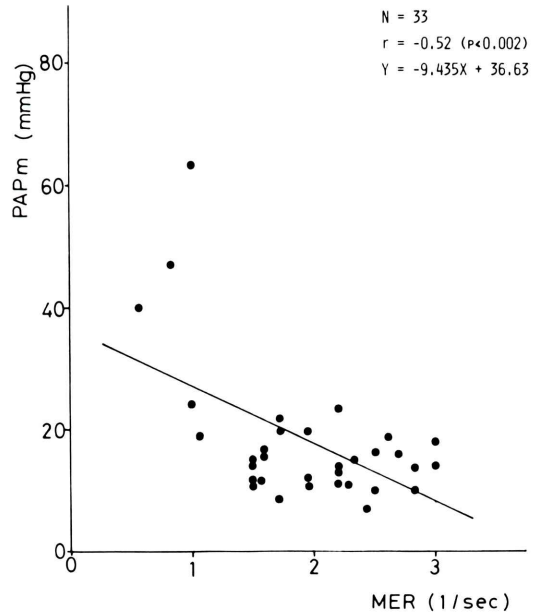


Fig. 3-a Relationship between maximal ejection rate (MER) and mean pulmonary arterial pressure (PAPm).

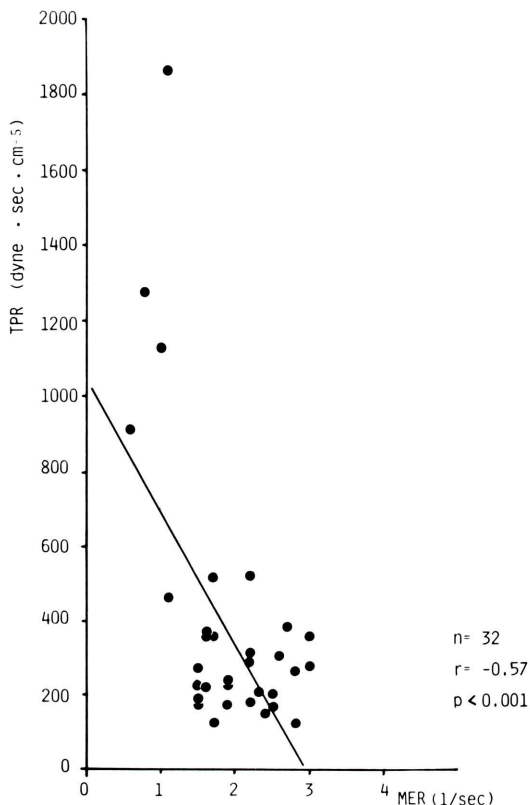


Fig. 3-b Relationship between maximal ejection rate (MER) and total pulmonary resistance (TPR).

が長く、等容収縮期、拡張期が短く¹⁵⁾、また左室の影響を少なからず受けるとされている¹⁶⁾。著者らの検討でも主として左室を障害する心筋梗塞群の RVEF は正常群に比し低値の傾向を示した。これは心室中隔の右室駆出時における役割の重要性と、左室収縮に伴う右室の左室への引きこみ作用等が関係していることなどが推測される。右室と左室の stroke volume が呼吸の周期を通して等しいとすれば、LVEF/RVEF は両者の拡張末期容量 (EDV) の比を表わすが、右室圧負荷群にて高値を示したことは RVEDV 増加によって代償しているものと考えられる。

なお、右室の局所駆出分画に関しては、右室の形状、張力分布の不均衡、壁運動様式の複雑さなどのため、現段階で臨床応用するには時期尚早の

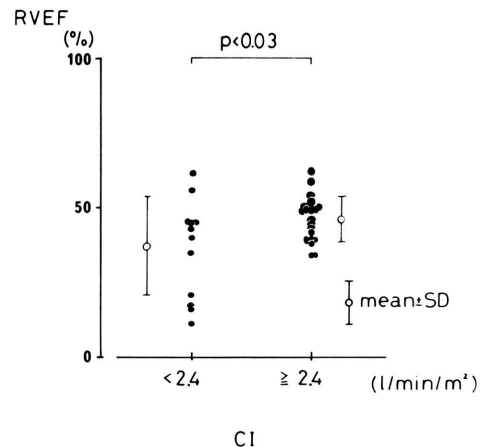


Fig. 4-a Relation of right ventricular ejection fraction (RVEF) to cardiac index (CI). RVEF were decreased in patients with CI < 2.4.

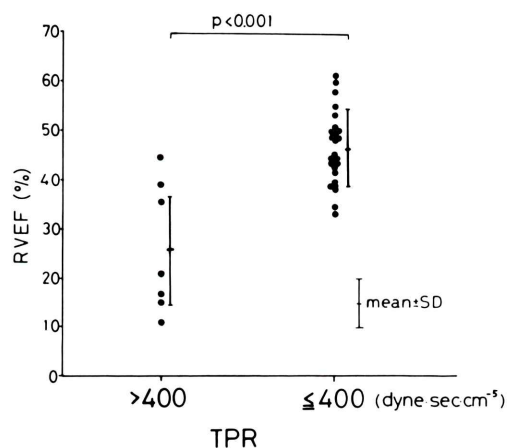


Fig. 4-b Relation of right ventricular ejection fraction (RVEF) to total pulmonary resistance (TPR). RVEF were decreased in patients with TPR < 400.

感がある。

最近、Sagawa らは右室における圧-容積関係が左室のそれと同様、機能評価に有用であることを指摘しており¹⁷⁾、渡辺らはこれを臨床応用した結果を報告しているが¹⁸⁾、今後右室機能をこれらの新しい観点から評価する上で RNA は有用であると考えられる。

VI. 結 論

著者らが従来より施行してきた心 RI アンジオグラフィ・ファーストパス法を右室機能評価に応用し、RVEF, MER, MFR につき、心臓カテテルより得られたパラメーターと比較検討し、以下の結果を得た。

- 1) 本法による正常群の RVEF は $50.8 \pm 8.7\%$ で、LVEF ($70.0 \pm 12.3\%$) よりも低値であった。
- 2) 各種心疾患群の RVEF は正常群のそれよりも低く、特に右室圧負荷群と下壁心筋梗塞群で有意に低値であった。
- 3) RVEF, MER は右室の前負荷よりも後負荷に強く影響された。

(本文の要旨は第 79 回日本循環器学会東北地方会において発表した。)

文 献

- 1) Gentzler RD, Briselli MF, Gault JH: Angiographic estimation of right ventricular volume in man. *Circulation* **50**: 324-330, 1974
- 2) Arcilla RA, Tsusai P, Thilenius O, et al: Angiographic method for volume estimation of right and left ventricles. *Chest* **60**: 446-454, 1971
- 3) Reedy T, Chapman CB: Measurement of right ventricular volume by cineangiography. *Am Heart J* **66**: 221-225, 1963
- 4) Mullins CB, Knapp RS: Three cineangiographic models for measurement of right ventricular stroke volume. (Abstr.) *Clinical Res* **19**: 330, 1971
- 5) 中沢 誠, 金谷真弓, 高尾篤良, 他: Fallot 四徴症心内膜修復術後の心室容積特性. *心臓* **14**: 447-455, 1982
- 6) 島崎靖久, 川島康生, 森 透, 他: 心血管造影法による右心室容量計測に関する検討. *心臓* **11**: 163-170, 1979
- 7) Graham TP Jr, Jarmakai JM, Atwood GF, et al: Right ventricular volume determination in children. *Circulation* **47**: 144-153, 1973
- 8) Akiba T, Ishikawa T, Yoshikawa M, et al: Calculation of right and left ventricular ejection fraction in infants and children by first pass radionuclide angiocardiology using self-synchronization method. *Tohoku J Exp Med* (in press)
- 9) 植原敏男, 西村恒彦, 内藤博昭, 他: 心 RI アンジオグラフィによる右室駆出分画 (RVEF) の検討——RVEF の算出及び急速流入効果について——. *核医学* **18**: 917-927, 1978
- 10) Steele P, Kirch D, LeFree M, et al: Measurement of right and left ventricular ejection fraction by radionuclide angiocardiology in coronary heart disease. *Chest* **70**: 51-56, 1976
- 11) Tobinick E, Shelbert HR, Henning H, et al: Right ventricular ejection fraction in patients with acute anterior and inferior myocardial infarction assessed by radionuclide angiocardiology. *Circulation* **57**: 1078-1084, 1978
- 12) Brent BN, Berger HJ, Matthay RA, et al: Physiologic correlates of right ventricular ejection fraction in chronic obstructive pulmonary disease: A combined radionuclide and hemodynamic study. *Am J Cardiol* **50**: 255-262, 1982
- 13) Berger HJ, Matthay RA, Loke J, et al: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiocardiology: Right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Cardiol* **41**: 897-905, 1978
- 14) 谷 正人, 赤石 誠, 山崎 元, 他: 右室駆出指標の臨床応用: 心電図同期平衡時心プールのスキニング法を用いて. *Journal of Cardiology* **12**: 675-687, 1982
- 15) Luisada AA, MacCanon DM: The phase of the cardiac cycle. *Am J Cardiol* **83**: 705-712, 1972
- 16) 木全心一, 中沢 誠: 心機能の臨床. 中外医学社, 東京 p 150-258, 1981
- 17) Maughan WL, Sagawa, K. Shoukas AA, et al: Instantaneous pressure volume relationship of the canine right ventricle. *Cir Res* **44**: 309-315, 1979
- 18) 渡辺佐知郎, 安江隆夫, 茜部 寛, 他: 平衡時相 RI 心血管造影法と同時右室圧測定から求めた右室圧-容積ループ. *核医学* **18**: 75-80, 1981

Summary

Clinical Evaluation of Right Ventricular Function Using First-pass Radionuclide Angiocardigraphy —Assessment of Cardiac Performance in Patients with Heart Disease by Radionuclide and Hemodynamic Parameters—

Toru KANAYA*, Yoshihiko WATANABE**, Ichiro TONOOKA*, Satoshi SATOH,*
Kai TSUIKI*, Shoji YASUI*, Kozui MIYAZAWA***,
Akio KOMATANI**** and Kazuei TAKAHASHI****

**The First Department of Internal Medicine, Yamagata University School of Medicine, Yamagata*

***Department of Internal Medicine, Fujita-Gakuen University School of Medicine, Aichi*

****Department of Clinical Laboratory, Yamagata University School of Medicine, Yamagata*

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

We analyzed right ventricular function using first-pass radionuclide angiocardigraphy (FP-RNA) in 11 normal subjects, 28 patients with coronary artery disease (CAD) and 11 patients with right ventricular pressure overload. In normal subjects, right ventricular ejection fraction (RVEF) averaged $50.8 \pm 8.7\%$ ($m \pm SD$). RVEF in patients was significantly decreased than that in normal subjects. Several parameters (RVEF, maximal systolic and diastolic dV/dt) obtained by FP-RNA were compared with hemodynamic parameters obtained by cardiac catheterization. RVEF and

maximal systolic dV/dt correlated with the mean pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance ($r = -0.46$, $r = -0.56$). While RVEF was less dependent on preload, highly dependent on afterload.

In conclusion, we considered that the FP-RNA was a useful method to evaluate right ventricular function in CAD and other heart disease.

Key words: First-pass radionuclide angiocardigraphy, Volume curve, Right ventricular ejection fraction, Maximal ejection rate, Maximal filling rate.