

右室駆出指標の臨床応用：
心電図同期平衡時心プール
スキャン法を用いて

Clinical application of
ejection indices of the
right ventricle: Evalua-
tion of right ventricular
performance and regur-
gitant fraction with mul-
tiple-gated equilibrium
scintigraphy

谷 正人
赤石 誠
山崎 元
半田俊之介
中村 芳郎
小須田 茂*
久保 敦司*

Masato TANI
Makoto AKAISHI
Hajime YAMAZAKI
Shun-nosuke HANDA
Yoshiro NAKAMURA
Shigeru KOSUDA*
Atsushi KUBO*

Summary

Multiple-gated equilibrium scintigraphy has been recently developed and yields not only left ventricular (LV) but right ventricular (RV) ejection counts. To evaluate a clinical usefulness of indices derived from scintigraphy including RV ejection fraction (EF) and regurgitant fraction (RF), a total of 160 patients (pts) with various diseases were studied. The subjects consisted of 10 pts with congestive cardiomyopathy (CCM), 48 pts with coronary artery disease (CAD), 66 pts with valvular heart disease, eight pts with secundum atrial septal defect (ASD), six pts with pulmonary hypertension without primary cardiac disease (PH), and 22 normal subjects.

RVEF and RF were computed according to the following formula:

$$RVEF = (RVEDC - RVESC) / (RVEDC - BC),$$

$$RF = (LVCO - RVCO) / RVCO$$

where RVEDC: RV end-diastolic counts, RVESC: RV end-systolic counts, BC: background counts, LVCO: LV count output and RVCO: RV count output.

The mean value of RVEF in the normal subjects was 49.0%. RVEF was significantly low in the

慶応義塾大学医学部 内科呼吸循環科
*同 放射線科
東京都新宿区信濃町 35 (〒160)

Cardiopulmonary Division, Department of Medicine,
and *Department of Radiology, Keio University
School of Medicine, Shinanomachi 35, Shinjuku-ku,
Tokyo 160

Presented at the 24th Meeting of the Cardiography Society held in Tokyo, March 23-24, 1982
Received for publication April 24, 1982

pts with CCM (24.2%), mitral stenosis (MS, 35.3%), acute aortic regurgitation (acute AR, 38.4%), and PH (27.9%). The high values of total pulmonary vascular resistance (TPVR; 407.3~915.2 dyne sec/cm⁵) and mean pulmonary arterial pressure ($\overline{P\overline{P}A}$, 25.0~45.0 mmHg) were observed in these pts. The patients with ASD showed a normal value of RVEF. Among 29 pts of MS with or without AR, 18 pts had a positive Tl-201 RV myocardial imaging, in which 15 pts (83%) showed a diminished RVEF. In contrast, six of 11 pts (55%) with a negative RV image showed a normal RVEF. Following surgical relief in 12 pts with MS, both RVEF and LVEF were improved (RVEF; 36.3 → 42.0% and LVEF; 49.1 → 53.2%, respectively) in accordance with hemodynamic improvement (TPVR; 587.5 → 415.7 dyne sec/cm⁵ and $\overline{P\overline{P}A}$; 31.8 → 20.8 mmHg, respectively). Thirty-four pts with inferior wall myocardial infarction had a diminished RVEF (39.4%) compared with another 14 pts with CAD. These data showed that RVEF was decreased not only in pts with disturbance of contraction of the RV but in pts with an increment of RV afterload.

The mean value of LVEF in nine pts with AR was decreased three weeks after aortic valve replacement (from 54.0% to 44.1%). This might be due to the persistence of the enlarged LV at this period.

The RF obtained by multiple-gated equilibrium scintigraphy correlated well with that calculated by invasive means ($r=0.908$). The RF reflected well the angiographic severity of AR. All pts with the RF more than 1.0 had a severe regurgitation documented by aortography (grade 3 or 4). The RF was reduced into normal range after valve replacement except one complicating a paravalvular leakage.

Key words

Multiple-gated equilibrium scintigraphy Right ventricle Left ventricle Ejection fraction
Regurgitant fraction

はじめに

臨床的な心室機能評価にとり、駆出率 (EF) は極めて重要な指標である。そのさい左室 (LV) の EF については、侵襲的な方法のみならず、心エコー図法などの非侵襲的な方法によっても信頼性の高い結果を得ることができ、左室機能の評価に広く用いられている。しかし、右室 (RV) は形態が複雑なために、その容量計測に基づく RVEF を求めることは、侵襲的手段によっても困難であった。

近年、心電図同期平衡時心プールのスキャン法 (multiple-gated equilibrium cardiac blood pool scan: MUGA) が開発され、右室容量、RVEF を非侵襲的に求めることができるようになり、右室機能の評価に役立つ可能性が示されている¹⁻⁵⁾。また MUGA により同時に容易に得られる右室駆出カウント (RVCO) を左室駆出カウント (LVCO) と比較することによって、左室または右室に逆流性疾患を有する症例の逆流量を非侵襲的

に定量できるとする報告がある^{6,7)}。

今回我々は、MUGA による RV に関する情報の臨床的意義を明らかにする目的で、多数の各種心肺疾患患者および正常者における左右心室駆出率を求め、また左右両心室駆出カウントより左室逆流疾患患者の左室逆流率 (RF) を定量し、これらの指標の臨床的有用性を検討した。

対 象

1980年10月より1982年3月までに本院を受診した、160例を対象とした (Table 1)。内訳は男性108例、女性52例、年齢は18~80歳である。

Table 1 に示した正常例は、胸痛、各種不整脈を含む心電図異常などのため心臓カテーテル検査等を施行したが、明らかな器質的心肺疾患を認めなかった症例である。冠動脈疾患 (CAD) は冠動脈造影により有意病変を証明した例であり、心電図上の下壁心筋梗塞所見の有無によって2群に分類した。弁膜疾患 (VHD) のうち、僧帽弁狭窄

Table 1. Materials

Diagnosis	No. of cases	
Normal	22	
PMD (CCM)	10	
CAD	I-MI (-)	14
	I-MI (+)	34
VHD	MS	25
	MS+AR	10
	Chronic AR	15
	Acute AR	7
	ASR	5
	MR	4
ASD	8	
PH	6	
Total	160	

PMD (CCM)=congestive cardiomyopathy; CAD=coronary artery disease; I-MI=inferior myocardial infarction; VHD=valvular heart disease; MS=mitral stenosis; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; AR=aortic regurgitation; ASR=aortic stenosis and regurgitation; MR=mitral regurgitation, ASD=atrial septal defect; PH=pulmonary hypertension without primary cardiac disease.

症 (MS) は僧帽弁口面積 1.2 cm^2 以下の例で、大動脈造影所見における I° の大動脈弁逆流を有する例を含めた。僧帽弁狭窄兼大動脈弁閉鎖不全症 (MS+AR) は II° 以上の大動脈弁逆流を有する連合弁膜症である。大動脈弁逆流症 (AR) 群の中には、他の連合弁膜症を有するものは含まれていない。急性 (acute) AR は細菌性心内膜炎 3 例、解離性大動脈瘤 4 例で、全例、AR 発症後 3 ヶ月以内の症例であった。肺高血圧症 (PH) は原発性肺高血圧症、肺塞栓症、膠原病などに伴う肺高血圧症例で、一次的な心疾患を有しない例である。

方 法

Technetium-99 m で標識したヒト血清アルブミン $20\sim 30 \text{ mCi}$ を右肘静脈より瞬間的に注入し、MUGA 収集前に first-pass 時の心大血管の RI angiogram を得、右房と右室の境界部を決定するさいの参考とした。

アイソトープ注入 10 分後、平衡状態に達した後に MUGA の収集を開始した。患者を頭部を $10\sim 20^\circ$ 傾けた modified LAO ポジションとし、もっとも分離のよいと考えられる左右両心室および心房心室の位置を各症例ごとに決定した。

収集は PHO/GAMMA LFOV シンチカメラおよび低出力汎用パラレルコリメーター、または低出力汎用コンヴァーディングコリメーターを用いて行い、心電図の R 波同期により各心拍を 17 分割し、うち前 16 分画を表示した。各分画は 64×64 の画素数で、一画素における最大カウントが 256 となる時点を収集の終了とした。

収集にさいして、左右両心室の関心領域 (ROI) の設定は、医師 2 名、放射線技師 1 名の計 3 名により行い、MUGA 収集前に施行した first-pass 時の RI angiogram と、シネモードによる各心房、心室の収縮を観察して、ライトペンを用い manual に決定した。Background は、左室前外側 3 時から 6 時の方向に、左室 ROI より約 3 画素離れた部位に棒状領域として設定した。収集されたデータの処理はシーメンス製 Scintiview を用いて行い、LVCO, RVCO, LVEF および RVEF を求めた。

左右両心室駆出率は各種疾患ごとに平均値を求め、また心筋を一次的に傷害する CAD、およびうっ血型心筋症 (CCM) を除いた弁膜疾患、心房中隔欠損症 (ASD)、PH および正常例中 65 例では、MUGA とほぼ同時期に行った心臓カテーテル検査成績から得られた右室血行動態諸量と対比した。さらに MS 12 例、AR 9 例では、術前と術後の左右両心室駆出率の変化を観察した。僧帽弁手術を施行した MS 12 例中 5 例においては、術後心臓カテーテル検査を施行し、右室血行動態諸量の変化と RVEF 変化の関連について検討した。

MS および MS+AR、計 29 例で、MUGA とほぼ同時期に thallium-201 myocardial scintigraphy を施行した。これによる右室描出 (RV-V) の有無を慢性右室圧負荷の指標として、RVEF と

Table 2. Left and right ventricular ejection fractions with multiple-gated equilibrium scintigraphy in each disease
Mean±SD

Diagnosis	LVEF (%)	RVEF (%)
Normal	63.0±7.6	49.0±7.1
PMD (CCM)	34.4±13.3*	24.2±9.1*
CAD I-MI (-)	53.7±10.9**	46.4±6.4
I-MI (+)	50.6±17.0**	39.4±12.1**
VHD MS	48.8±9.2*	35.3±6.7*
MS+AR	59.2±8.7	37.1±5.7*
Chronic AR	59.5±8.9	45.5±9.2
Acute AR	54.0±8.1***	38.4±11.2**
ASR	63.6±12.5	45.6±10.6
MR	60.8±4.9	37.8±11.9**
ASD	56.5±11.5	43.6±6.1
PH	62.1±10.1	27.9±8.7*

LVEF=left ventricular ejection fraction; RVEF=right ventricular ejection fraction; PMD (CCM)=congestive cardiomyopathy; CAD=coronary artery disease; I-MI=inferior myocardial infarction; VHD=valvular heart disease; MS=mitral stenosis; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; AR=aortic regurgitation; ASR=aortic stenosis and regurgitation; MR=mitral regurgitation; ASD=atrial septal defect; PH=pulmonary hypertension without primary cardiac disease.

*: p<0.001; **: p<0.01; ***: p<0.05 vs normal subjects.

の関連を検討した。

左室逆流率は、非シャント疾患で両心室に逆流がない場合、左右両心室の駆出量、すなわちLVCO およびRVCO が等しいとする理論的根拠から以下の式で求めた。

$$RF(RI)=(LVCO-RVCO)/RVCO$$

この値を観血的方法、すなわちコントラスト左室造影 (LVG), Fick 法 (F) または熱希釈法 (T) により、それぞれの一回心拍出量 SV(LVG), SV(F), SV(T) から

$$RF(\text{Cath})=[SV(\text{LVG})-SV(\text{F}) \text{ または } SV(\text{T})]/SV(\text{F}) \text{ または } SV(\text{T})$$

で求めた値と対比した。

また、AR 群では大動脈造影による大動脈弁逆流の重症度分類と RF(RI) を比較検討し、さらに大動脈弁置換術後の変化を検討した。

結 果

1. 正常者および各種心肺疾患の左右心室駆出率

Table 2 に正常者、各種心肺疾患群の左右心室駆出率の平均 ±1 標準偏差を示した。

LVEF は CCM, MS, acute AR において低値を示した。CAD でも、下壁心筋梗塞 (I-MI) の有無にかかわらず、LVEF は低下していた。

これに対して MS+AR, 慢性 (chronic) AR, ASR, MR, PH 群での LVEF は正常で、ASD における LVEF の有意な低下は認められなかった。

一方、RVEF は CCM, MS, MS+AR および PH 群において低値を示した。

I-MI を伴う CAD 群の RVEF は、正常群だけでなく、I-MI を伴わない CAD 群に比べても低下していた (p<0.01)。

MR および acute AR においても RVEF は低下していたが、chronic AR および ASR では正常であり、ASD の RVEF は低下する傾向を認めたが、有意ではなかった (0.05<p<0.1)。

正常者の RVEF の下限値は 39% であった。RVEF の正常範囲を 39% 以上とした場合に、RVEF が異常低値を示す頻度を各患群ごとに示したのが Fig. 1 である。CCM, PH 群では全例が、MS および MS+AR 群でも 60% 以上で、RVEF が異常低値を示した。

1) RVEF と右室血行動態諸量の比較検討

Table 3 に MUGA と同時期に心臓カテーテル検査を施行し得た、正常者および各種疾患例 (MS 17, MS+AR 7, chronic AR 11, acute AR 6, ASD 8, PH 6 例) の右室血行動態諸量を示した。

RVEF の低下のない chronic AR では右室一回仕事係数 (RVSWI) は正常であったが、RVEF が低値を示した MS, MS+AR, acute AR および

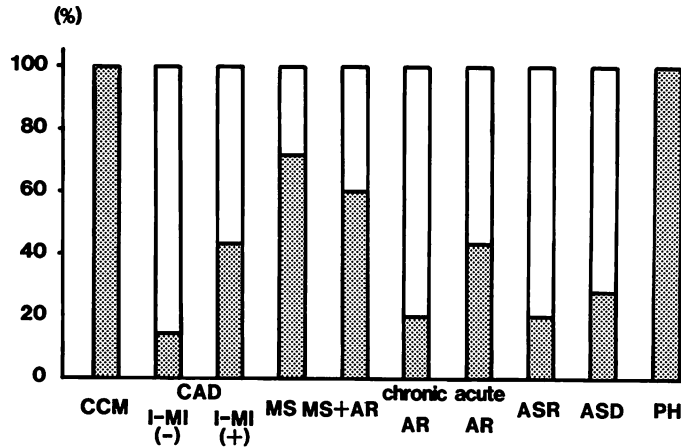


Fig. 1. Percentages of cases with abnormally low right ventricular ejection fraction (less than 39%) in each disease.

CCM=congestive cardiomyopathy; CAD=coronary artery disease; I-MI=inferior myocardial infarction; MS=mitral stenosis; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; AR=aortic regurgitation; ASR=aortic stenosis and regurgitation; ASD=atrial septal defect; PH=pulmonary hypertension without primary cardiac disease.

Table 3. Hemodynamic characteristics of the right heart in 10 normal subjects and 55 patients

Diagnosis	No. of cases	HR	CI (l/min/m ²)	Qp/Qs	RVSVI (ml/beat/m ²)	RVEDP (mmHg)	RVSP (mmHg)	P _{PA} (mmHg)	TPVR (dyne sec/cm ⁵)	RVSWI (gm/ beat/m ²)
Normal	10	68.4 ±18.4	3.29 ±1.38		57.4 ±21.5	4.17 ±2.43	24.7 ±5.4	12.1 ±3.2	191.9 ±41.9	9.78 ±4.91
MS	17	72.8 ±11.9	3.00 ±0.44		41.9 ±7.4*	6.71 ±2.11**	47.2 ±11.8***	32.2 ±8.3***	586.7 ±184.2***	18.79 ±5.52***
MS+AR	7	67.7 ±14.8	3.08 ±0.54		47.5 ±7.3	6.14 ±1.73	40.1 ±9.8***	25.0 ±5.9***	454.8 ±141.7***	15.93 ±3.72***
Chronic AR	11	70.8 ±11.0	4.20 ±0.88		58.4 ±14.1	5.22 ±3.05	26.6 ±7.1	14.8 ±3.7	197.0 ±86.0	11.67 ±3.62
Acute AR	6	75.7 ±13.7	3.52 ±0.66		51.0 ±11.7	7.00 ±3.27	43.2 ±18.5**	28.3 ±14.5**	407.3 ±222.5**	18.89 ±7.77*
ASD	8	70.1 ±13.3	3.08 ±0.75	2.55 ±0.49	114.8 ±29.7***	5.69 ±2.49	30.4 ±6.7	15.9 ±4.3****	113.7 ±24.5***	22.88 ±7.66***
PH	6	76.5 ±13.8	2.82 ±1.18		38.2 ±10.0	10.83 ±2.41***	70.7 ±14.8***	45.0 ±11.3***	915.2 ±366.9***	22.23 ±3.82***

HR=heart rate; CI=cardiac index; Qp/Qs=shunt ratio; RVSVI=right ventricular stroke volume index; RVEDP=right ventricular end-diastolic pressure; RVSP=right ventricular systolic pressure; P_{PA}=mean pulmonary arterial pressure; TPVR=total pulmonary vascular resistance; RVSWI=right ventricular stroke work index; MS=mitral stenosis; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; AR=aortic regurgitation; ASD=atrial septal defect; PH=pulmonary hypertension without primary cardiac disease.

*: p<0.02; **: p<0.01; ***: p<0.001; ****: p<0.05 vs normal subjects.

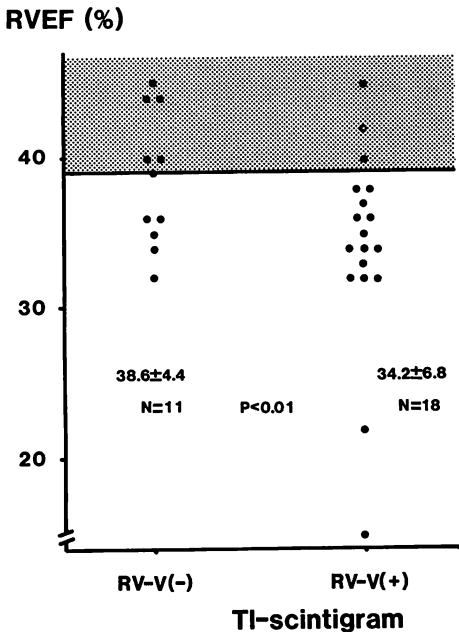


Fig. 2. Comparison of right ventricular ejection fraction in 29 patients of MS or MS+AR with and without right ventricular visualization in the Tl-201 myocardial scintigram.

MS=mitral stenosis; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; RVEF=right ventricular ejection fraction; RV-V=right ventricular visualization. The shaded area indicates the normal range of right ventricular ejection fraction.

PH 群では、いずれも右室一回仕事係数の有意な増加を認めた。他方 RVEF の有意な低下を示さなかった ASD 群では、右室一回仕事係数の著明な増大を認めた。この ASD 群では平均肺動脈圧 (PPA) はわずかに上昇していたにすぎず、右室一回仕事係数の増大は主として右室一回拍出量係数 (RVSVI) の増加によるものであった。全肺血管抵抗 (TPVR) は逆に低下していた。

これに対して RVEF が低値を示した疾患のうち、MS 群では右室一回拍出量係数は低下し、PH 群でも低下する傾向を示した ($0.05 < p < 0.1$)。右室拡張末期圧 (RVEDP) は MS, PH 群で上昇し、平均肺動脈圧および全肺血管抵抗は RVEF

低下群全例で上昇していた。

2) 僧帽弁狭窄を有する例における thallium 201 myocardial scintigraphy と RVEF の比較検討

MS, MS+AR のうち thallium-201 myocardial scintigraphy を施行した 29 例では、18 例で右室描出 (RV-V) を認めた。Fig. 2 に示すように、RV-V(-) 11 例中 6 例では RVEF が正常範囲にあったのに対して、RV-V(+) 18 例では 15 例がその低下を認めた。

3) MS および AR 群における左右心室駆出率の術前術後の変化

Fig. 3 に MS 手術例 12 例について、術前および術後平均 3 週間後における左右両心室駆出率の変化を示した。□印で示した例は術後前壁の心内膜下梗塞を起こした例であった。他の 11 例のうち、LVEF は 10 例で術後改善していた。また RVEF も術後改善したが、正常群に比べてなお有意に低下していた ($p < 0.01$)。

これら 12 例のうち、術後に心臓カテーテル検査を施行した 5 例における右室血行動態諸量の変化を Fig. 4 に示した。右室一回仕事係数は術後正常化し、また平均肺動脈圧および全肺血管抵抗は低下したが、正常群に比べ依然高値を示していた。左室系では左室拡張末期圧は 8.6 mmHg から 7.4 mmHg となり、有意な変化を示さなかった ($p < 0.1$)。僧帽弁口面積は 0.8 cm² から 1.8 cm² に拡大した ($p < 0.001$)。

AR 例での LVEF は大動脈弁置換術後低下した。RVEF は有意に変化しなかったが、術前低値を示した例では改善した (Fig. 5)。

2. 左室逆流率の検討

Fig. 6 に正常者、明らかな左室逆流のない CAD, VHD の MUGA による逆流率 (RF) を示した。CAD の RF(RI) は正常者に比べ高く、1 以上の例が 1 例認められた。VHD で左右両心室に逆流のない例では、RF(RI) は正常者と同等であったが、左室のみに逆流を有することの確認された 41 例では著明に高く、0.5 未満の例は 3 例

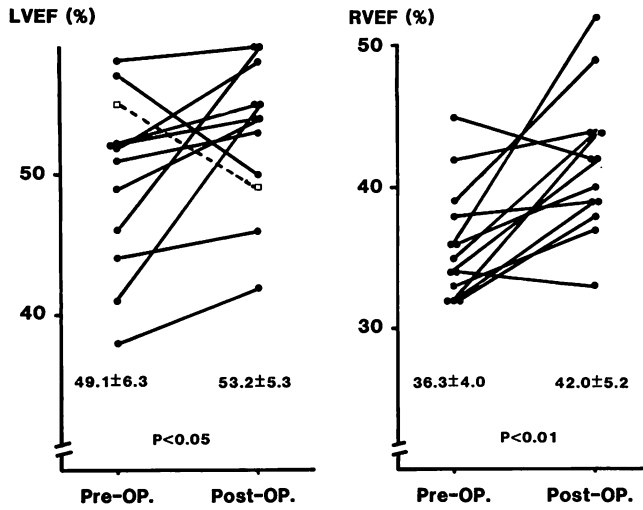


Fig. 3. Changes of left and right ventricular ejection fraction in 12 cases with MS following mitral valvular surgery.

MS=mitral stenosis; Pre-OP.=pre-operation; Post-OP.=post-operation.

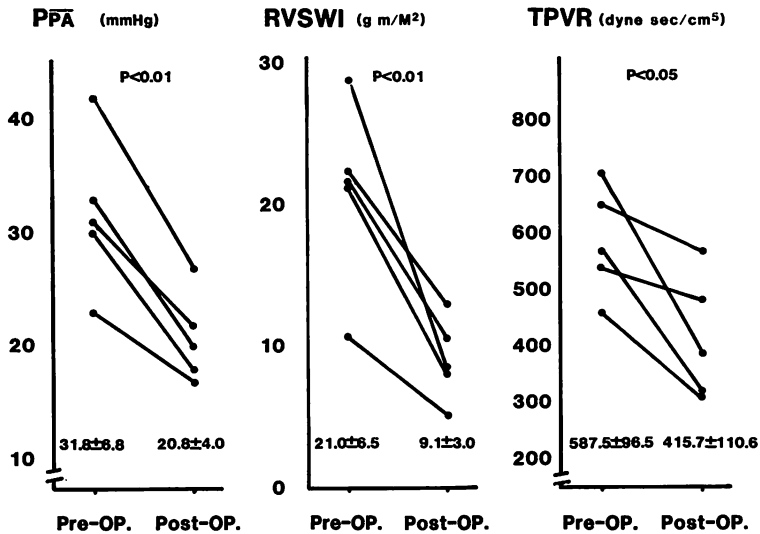


Fig. 4. Improvements in right ventricular hemodynamics in 5 cases with MS following mitral valve surgery.

MS=mitral stenosis; PPA=mean pulmonary arterial pressure; RVSWI=right ventricular stroke work index; TPVR=total pulmonary vascular resistance; Pre-OP.=pre-operation; Post-OP.=post-operation.

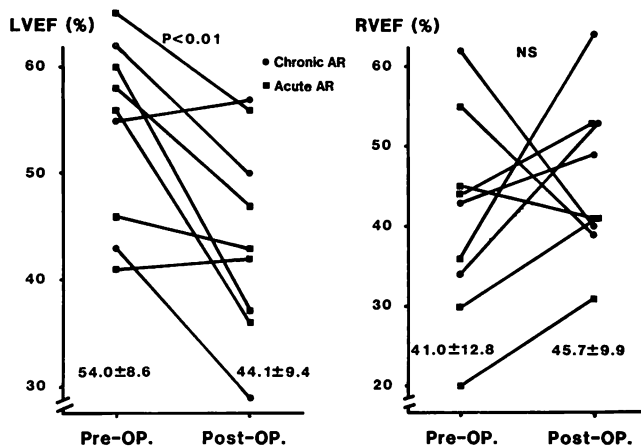


Fig. 5. Changes of left and right ventricular ejection fractions in 9 cases of AR following aortic valve replacement.

Acute AR=aortic regurgitation due to bacterial endocarditis or dissection of the aorta within 3 months after the onset; Chronic AR=aortic regurgitation due to rheumatic valvular disease; Pre-OP.=pre-operation; Post-OP.=post-operation.

にすぎなかった。

1) MUGA および心臓カテーテル検査による左室逆流率の比較

心臓カテーテル検査時に RF(Cath) を求めることのできた左室逆流性疾患 21 例において, RF(RI) との関係を図 7 に示した。両者は $r=0.908$ と極めてよい相関を示したが, RF(RI) は RF(Cath) に比べて高値をとっていた。

2) 大動脈弁逆流を有する例における大動脈造影所見による左室逆流度分類と RF(RI) の比較

Fig. 8 に示すように, 大動脈弁に逆流を有する弁膜症 37 例において, RF(RI) は大動脈造影による重症度分類をよく反映していた。

大動脈造影による重症度分類 I° または II° の例では, 正常者の平均 +2 標準偏差内の RF(RI) を有した例 18 例中 9 例で, 1 を超えるものはみられなかったのに対し, III° 以上の大動脈弁逆流を有する例では全例が 1 以上であった。

3) 左室逆流性疾患の逆流弁置換前後の RF(RI) の変化

左室逆流性疾患 12 例 (AR 9, ASR 1, MR 1,

MS+AR 1 例) における逆流弁置換術前後の RF(RI) の変化を図 9 に示した。

術前 I° の大動脈弁逆流を有した ASR 例では弁置換術後の RF(RI) は増大したが, 他の 11 例では術後 RF(RI) は改善し, うち 10 例では 0.5 未満となった。RF(RI) の増大した ASR 例は, 術後に施行した大動脈造影により, paravalvular leak の存在が確認された。

考 案

1. 左右心室の駆出率の検討

MUGA によって得られる LVEF は心臓カテーテル検査時のコントラスト左室造影法による LVEF とよく一致し, 左室機能評価の非侵襲的手段として有用であることが数多く報告されている⁹⁾。これに対し, 前述のように RVEF の計測は MUGA を用いることによって初めて容易となった²⁻⁵⁾。Maddahi らは MUGA による RVEF の信頼性を確認する意味で, inter- および intra-observers' difference を検討し, 極めてよい相関を得ている⁴⁾。本研究に先立って行った 2 名の医師による inter- および intraobservers' differ-

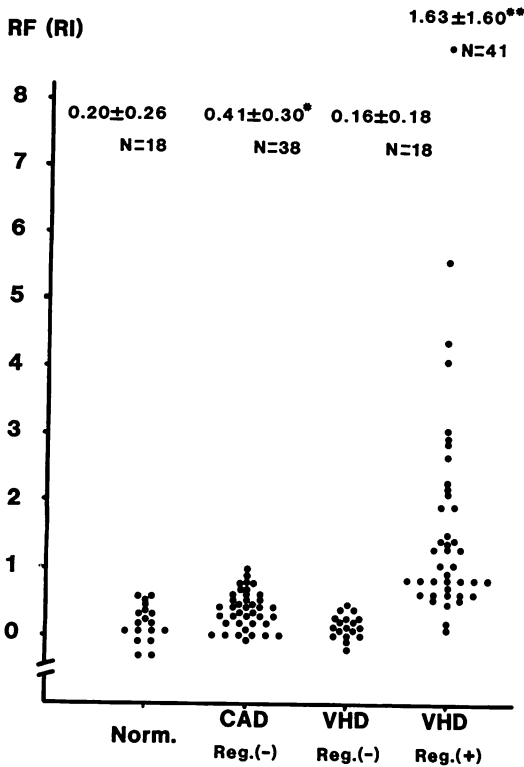


Fig. 6. Regurgitant fraction in normal subjects, CAD and VHD.

CAD=coronary artery disease; VHD Reg (-)=valvular heart disease without regurgitation; VHD Reg (+)=valvular heart disease with regurgitation; RF (RI)=regurgitant fraction by multiple-gated equilibrium scintigraphy.

*: $p < 0.02$ vs normal subjects; **: $p < 0.001$ vs normal subjects.

ence の検討でも、それぞれ良好な相関が認められた ($r=0.916$, $r=0.959$).

EF は、よく知られているように、心拍数、前負荷および後負荷によって影響される指標である。RV では LV と異なり、しばしば正常状態の数倍の後負荷のかかる疾患がみられる。今回検討した VHD, PH 群のうちで、RVEF が低値を示した例では、平均肺動脈圧および全肺血管抵抗の上昇が認められた。このうち MS 例では、術後平均肺動脈圧および全肺血管抵抗の低下に伴い

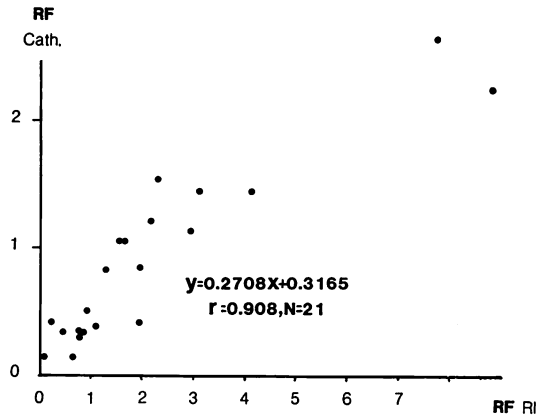


Fig. 7. Correlations between RF (RI) and RF (Cath).

RF (RI)=regurgitant fraction by multiple-gated equilibrium scintigraphy; RF (Cath)=regurgitant fraction by catheterization.

RVEF が改善している。これは RVEF の低下が後負荷増大によるものであり、必ずしも右室心筋収縮性の低下を意味しないことを示すと思われた¹⁰⁻¹³。他方、右室容量負荷疾患の代表的な例である ASD では、同程度の右室一回仕事係数の増加がありながら RVEF の明らかな低下が認められなかった。ASD での右室一回拍出量係数の増加は主として右室一回拍出量係数の増加に基づいており、平均肺動脈圧、全肺血管抵抗は他の右室負荷疾患例に比べて低く ($p < 0.001$, $p < 0.001$)、このような右室負荷様式の差が RVEF に相違をもたらすと考えられた。

これに対して、右室後負荷増大のない CCM および下壁心筋梗塞を有する CAD でも、RVEF の低下が認められた。冠動脈疾患を対象とした報告において、下壁心筋梗塞例で急性期あるいは運動負荷時に RVEF が低値を示す例のあることが知られている^{4,14-17}。下壁心筋梗塞では 30% 前後に右室自由壁の梗塞を伴うとされている¹⁸。著明な LVEF 低下のある CAD 例では、右冠動脈に有意な病変がなくとも、RVEF が運動負荷時低下するとの報告もある^{16,17}。しかし今回我々が検討した CAD 群では、LVEF だけでなく、心拍

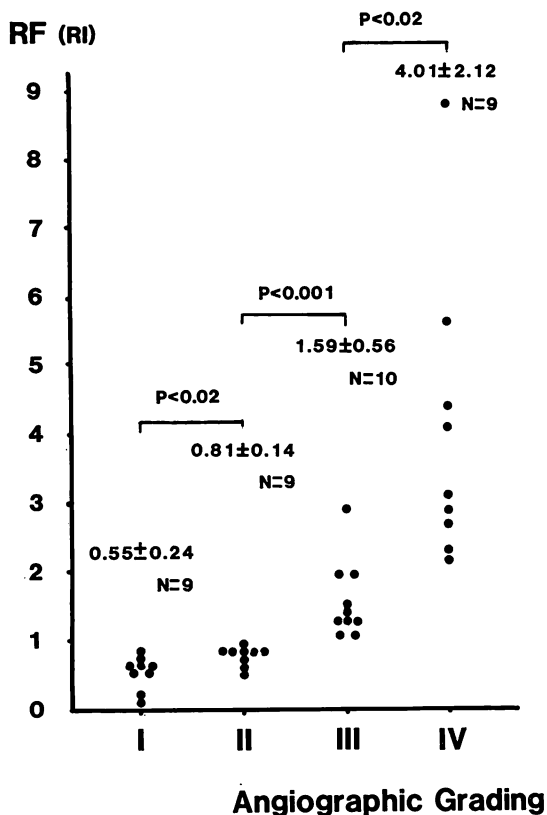


Fig. 8. Correlations between RF (RI) and angiographic grading of aortic regurgitation by ascending aortography.

RF (RI)=regurgitant fraction by multiple-gated equilibrium scintigraphy.

数にも, 下壁心筋梗塞の有無による差はなかった。下壁梗塞例の RVEF の低下は, 左室だけでなく右室心筋にも広汎な傷害を有する CCM と同様, 一次的な右室心筋の傷害による右室機能の低下を意味するものと考えられた。

MS 例では術前に比べ, 術後長期経過後の LVEF は変化しないとの報告がある¹⁹⁾。しかし今回の我々の検討ではそれとは異なり, 手術3週間後に LVEF の改善がみられた。その間, 左室拡張末期圧は有意な変化を示さなかった ($p < 0.1$)。この LVEF の改善は僧帽弁口面積の拡大による左室充満の改善だけでは説明できず, 短縮した弁

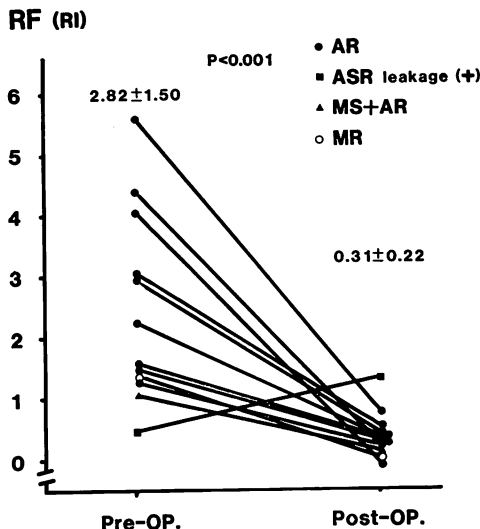


Fig. 9. Changes of RF (RI) in VHD with regurgitation of the left ventricle following valve replacement.

RF (RI)=regurgitant fraction by multiple-gated equilibrium scintigraphy; AR=aortic regurgitation; ASR leakage (+)=aortic stenosis and regurgitation with paravalvular leak following aortic valve replacement; MS+AR=mitral stenosis and aortic regurgitation; MR=mitral regurgitation; Pre-OP.=pre-operation; Post-OP.=Post-operation.

下部組織に対する外科的操作が左室心筋運動を容易にすること, 右室の負荷が直接左室の機能に影響を及ぼすことなど, いくつかの因子も同時に考慮されねばならない^{19,20)}。

AR 例で, 術後の長期経過後では LVEF が改善すると報告されている^{21,22)}。これには左室拡張末期容量の減少が大きな要因となっていると考えられている。今回我々の成績では, 術後 LVEF は低下したが, これは手術操作による左室機能の低下によると考えるよりも, この時期には左室への逆流が消失したにもかかわらず拡張末期容量は正常化せず, EF が低値を示したものと考えられる。

2. 左室逆流率の検討

左室逆流性疾患における逆流量の非侵襲的定量は, これまでほとんど不可能とされていた。しかし AR 例を含む左室逆流性疾患における逆流量

の定量は、その重症度の判定および弁置換術の適応を決定するさい、極めて重要な情報を提供する。RF(RI)の算出にはRVCOとLVCOが同程度の精度で得られるという前提があり、心筋の局所的な収縮および形態の変化が両者の精度に差をもたらせば、RF(RI)は信頼度の低い指標となってしまう可能性がある。

今回の検討では、明らかな左室逆流のないCAD群のRF(RI)は正常者に比べて高値を示したが、これは前述のような理由によるものと考えられた。

左室逆流のないVHD例でのRF(RI)は正常者と同等で、左室逆流を有するVHD例との重複例も極めて少なく、左室逆流を検出する方法として有用であった。左室逆流例でのMUGAによるRFが侵襲的に求めたRFと良好な相関を示したことは、逆流量の定量が可能であることを意味し、本法による大動脈弁逆流の重症度分類が大動脈造影所見による評価によく反映され、これは従来の成績と一致した^{23,24)}。臨床的にもしばしば問題となるIII°以上とII°以下のAR例がMUGAによるRFによって画然と分けられたということは、ARの臨床的評価法として、本法が極めて有用であることを示すものと思われた。

左室逆流性疾患における弁置換術前後のRF(RI)の変化をみると、術後の大動脈造影によってparavalvular leakの存在が確認された例を除いて全例が改善し、これによって術後の左室逆流の消失の評価が可能であり、RF(RI)は術前術後のfollow-upを行う上で役立つ指標であると考えられた^{25,26)}。

要 約

心電図同期平衡時心プールスキャン法により、左右心室駆出率(LVEF, RVEF)、左右心室駆出カウント(LVCO, RVCO)を138例の各種心肺疾患(うっ血型心筋症 CCM 10, 冠動脈疾患 CAD 48, 弁膜疾患 VHD 66, 心房中隔欠損 ASD 8, 肺高血圧症 PH 6 例)および正常22例で求めた。

また左室逆流性疾患では逆流率RFを算出し、心臓カテーテル検査時の諸指標と対比し、これらの臨床的有用性を検討した。

RVEFは正常群(49.0%)に比べ、CCM(24.2%), 僧帽弁狭窄MS(35.3%), 急性大動脈弁逆流AR(38.4%)およびPH群(27.9%)で低値を示した。CADのうち下壁梗塞群ではLVEFと心拍数は下壁梗塞(-)群と同等であったが、RVEFは低く[(+)群39.4%, (-)群46.4%], CCM群と同様右室心筋傷害による右心機能低下が示唆された。VHD, PH群でRVEFの低下していた疾患群では、全肺血管抵抗増大(407.3~915.2 dyne·sec/cm⁵)を伴う平均肺動脈圧の上昇(25.0~45.0 mmHg)を認めた。MSおよびMS+AR例では、Tl²⁰¹-心筋シンチグラムで慢性右室負荷を意味する右室描出のみられる例では、それのない例に比べRVEF低下例が多かった(おのおの15/18, 5/11)。MS 12例で、術後右室負荷減少(全肺血管抵抗587.5から415.7 dyne·sec/cm⁵, 平均肺動脈圧31.8から20.8 mmHg)に伴い、RVEFが改善し(36.3から42.0%), 弁口面積の拡大(0.8から1.8 cm²)に伴いLVEFも改善(49.1から53.2%)した。右室負荷様式が異なり、後負荷増大のないASDのRVEF(43.6%)が正常であったことは、RVEFの低下が必ずしも右室心筋収縮性の低下を意味するものではないことを示すと考えられた。一方、AR 9例で弁置換術直後LVEFは低下し(54.0から44.1%), 左室拡張末期容量が正常化しない時期の左室容量負荷減少を反映していると考えられた。

心電図同期心プールスキャン法による逆流率RFは、侵襲的方法で求めた逆流率とよく相関した($r=0.908$)。大動脈造影時のAR重症度分類とRFとはよく一致し、AR III°以上とII°以下はRF=1で画然と分けられた。左室逆流性疾患12例(AR 9, MS+AR 1, ASR 1, MR 1 例)では、術後paravalvular leakの確認された例を除き、RFはほぼ正常に改善した。

文 献

- 1) Slusky R, Ashburn W, Karliner JS: A method for the evaluation of right ventricular volume by equilibrium radionuclide angiography. *Chest* **80**: 471-477, 1981
- 2) Steele P, Kirch D, Lefree M, Battock D: Measurement of right and left ventricular ejection fractions by radionuclide angiography in coronary artery disease. *Chest* **70**: 51-56, 1976
- 3) Berger HJ, Mathay RA, Loke J, Marshall RC, Gottschalk A, Zaret BL: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography: Right ventricular ejection fraction with performance to findings in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Cardiol* **41**: 897-905, 1978
- 4) Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, Waxman AD, Starkus KE, Forrester JS, Swan HJC: A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple-gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy: Description, validation and findings in chronic coronary artery disease. *Circulation* **60**: 581-589, 1979
- 5) Olvey SK, Reduto LA, Stevens PM, Deaton WJ, Miller RR: First pass radionuclide assessment of right and left ventricular ejection fraction in chronic pulmonary disease: Effect of oxygen upon exercise response. *Chest* **78**: 4-9, 1980
- 6) Kirch KL, Metz CE, Steele PP: Quantitation of valvular insufficiency by computerized radionuclide angiography. *Am J Cardiol* **34**: 711-721, 1974
- 7) Rigo P, Alderson PO, Robertson RM, Becker LC, Wagner HN: Measurement of aortic and mitral regurgitation by gated cardiac blood pool scans. *Circulation* **60**: 306-312, 1979
- 8) Ohsuzu F, Handa S, Kondo M, Yamazaki H, Tsugu T, Kubo A, Takagi Y, Nakamura Y: Thallium-201 myocardial imaging to evaluate right ventricular overloading. *Circulation* **61**: 620-625, 1980
- 9) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, Natarajan TK, Pitt B: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* **28**: 575-580, 1971
- 10) Schuler G, Peterson K, Ashburn W, Johnson AD, Slutsky R, Utley J, Daily PO, Ross J Jr: Right ventricular performance following surgical relief of pulmonary hypertension. *J Nucl Med* **19**: 736, 1978 (abstr)
- 11) Levine FH, Lappas DL, Pohost GM, Block PC: Radionuclide and hemodynamic assessment of pulmonary hypertension and right ventricular function after mitral valve replacement. *Am J Cardiol* **43**: 406, 1979 (abstr)
- 12) Winzelberg GG, Boucher CA, Pohost GM, Mckusick KA, Bingham JB, Okada RD, Strauss HW: Right ventricular function in aortic and mitral valve disease: Relation of gated first-pass radionuclide angiography to clinical and hemodynamic findings. *Chest* **79**: 520-528, 1981
- 13) Korr KS, Gandsman EJ, Winkler ML, Shulman RS, Bough EW: Hemodynamic correlates of right ventricular ejection fraction measured with gated radionuclide angiography. *Am J Cardiol* **49**: 71-77, 1982
- 14) Marmor A, Geltman EM, Bielle DR, Sobel BE, Siegel BA, Roberts R: Functional response of the right ventricle to myocardial infarction: Dependence on the site of left ventricular infarction. *Circulation* **64**: 1005-1011, 1981
- 15) Tobnick E, Schelbert HR, Henning H, LeWinter M, Taylor A, Ashburn WL, Karliner JS: Right ventricular ejection fraction in patients with acute anterior and inferior myocardial infarction assessed by radionuclide angiography. *Circulation* **57**: 1078-1084, 1978
- 16) Maddahi J, Berman DS, Matsuoka DT, Waxman AD, Forrester JS, Swan HJC: Right ventricular ejection fraction during exercise in normal subjects and in coronary artery disease patients: Assessment by multiple-gated equilibrium scintigraphy. *Circulation* **62**: 133-140, 1980
- 17) Slusky R, Hooper W, Gerber K, Battler A, Forrester V, Ashburn W, Karliner J: Assessment of right ventricular function at rest and during exercise in patients with coronary heart disease: A new approach using equilibrium radionuclide angiography. *Am J Cardiol* **45**: 63-71, 1980
- 18) Wackers FJTH, Lie KI, Sokole EB, Res J, van der Schoot JB, Durree D: Prevalence of right ventricular involvement in inferior wall infarction assessed with myocardial imaging with thallium-201 and technetium-99m pyrophosphate. *Am J Cardiol* **42**: 358-362, 1980
- 19) Kennedy JW, Doces JG, Steward DK: Left ventricular function before and following surgical treatment of mitral valve disease. *Am Heart J* **97**: 592-598, 1979
- 20) Akaishi M, Akizuki S, Ogawa S: Two-dimensional echocardiographic estimation of right ventricular pressures: *J Cardiovasc Ultrasonography*

- 1: 45-52, 1982
- 21) Schwarz F, Flameng W, Langebartes F, Sesto M, Walter P, Schlepper M: Impaired left ventricular function in chronic aortic valve disease: Survival and function after replacement by Björk-Shiley prosthesis. *Circulation* **60**: 48-58, 1979
- 22) Kennedy JW, Doces J, Steward DK: Left ventricular function before and following aortic valve replacement. *Circulation* **56**: 944-950, 1977
- 23) Bough EW, Gandsman EJ, North DL, Schulman RS: Gated radionuclide angiographic evaluation of valve regurgitation. *Am J Cardiol* **46**: 423-428, 1980
- 24) Manyari DE, Nolewajka AJ, Kostuk WJ: Quantitative assessment of aortic valvular insufficiency by radionuclide angiography. *Chest* **81**: 170-176, 1982
- 25) Sorensen SG, O'Rourke RA, Chaudhuri TK: Noninvasive quantitation of valvular regurgitation by gated equilibrium radionuclide angiography. *Circulation* **62**: 1089-1098, 1980
- 26) Urquhart J, Patterson RE, Packer M, Goldsmith SJ, Horowitz SH, Litwak R, Gorlin R: Quantification of valve regurgitation by radionuclide angiography before and after valve replacement surgery. *Am J Cardiol* **47**: 287-291, 1981