

磁気共鳴映像法による心筋梗塞慢性期の右室機能の検討

Assessment of Right Ventricular Function by Magnetic Resonance Imaging of Old Myocardial Infarction

藤原 節子
元木 賢三
大鹿 裕之
友渕 佳明*
上野 雄二*
西尾 一郎*

Setsuko FUJIWARA
Kenzo MOTOKI
Hiroyuki OSHIKA
Yoshiaki TOMOBUCHI*
Yuji UENO*
Ichiro NISHIO*

Abstract

The usefulness of magnetic resonance imaging (MRI) for estimating right ventricular function and the influence of left ventricular dysfunction on the performance of the right ventricle were assessed in 43 patients with chronic myocardial infarction (MI) and 14 control subjects (N) using electrocardiography-gated MRI and cardiac catheterization. Patients with MI were divided into three groups according to the location of the coronary lesions; 22 patients with left coronary artery lesion (LCA group), 13 with right coronary artery lesion (RCA group), and 8 with both left and right coronary artery lesions (L+R group).

The right ventricular end-diastolic volume (RVEDV) and right ventricular ejection fraction (RVEF) were measured by Simpson's rule algorithm on transverse images of the right ventricle obtained at the end-systolic and end-diastolic phases. In 34 of the 43 patients, the same parameters of right ventricular function were calculated by the thermodilution method using a Swan-Ganz catheter with rapid response thermistor. Left ventricular ejection fraction (LVEF) and end-diastolic volume were determined from left ventriculography.

The intraobserver reproducibility (11 cases, $r=0.97$) and interobserver reproducibility (11 cases, $r=0.92$) of RVEF measured by MRI were excellent. The RVEF and RVEDV determined from MRI were significantly correlated with those from the thermodilution method (RVEF: $r=0.56$, RVEDV: $r=0.52$). There was no difference in right ventricular end-diastolic volume index in any patient group. The RVEF was decreased in the L+R ($41.0 \pm 4.5\%$, $p < 0.01$) and RCA ($45.9 \pm 6.6\%$) groups, but there was no difference between the LCA ($50.6 \pm 6.6\%$) and N ($48.9 \pm 4.3\%$) groups. In the RCA group, RVEF was lower in patients without recanalization of the right coronary artery or collaterals than in patients with recanalization. LVEF determined from left ventriculography was significantly decreased in all MI groups ($N > RCA$, $LCA > L+R$). Left ventricular end-diastolic volume index was increased only in the L+R group.

MRI is clinically useful for determining right ventricular volumes and ejection fraction. In patients with chronic myocardial infarction, the presence of right coronary artery lesion has an important effect on right ventricular systolic dysfunction, and left ventricular dysfunction also affects right ventricular function in patients with multivessel disease.

Key Words

magnetic resonance imaging, right ventricular function, myocardial infarction

はじめに

これまで心行動態の解析は主として左心系を中心に行われ、左室収縮能の指標とされる左室駆出率と予後や運動耐容能との関連性が検討されてきた。一方、右室機能は急性下壁心筋梗塞、慢性閉塞性肺疾患、弁膜疾患の一部などで低下することが知られている¹⁻³⁾。しかし右室は形態が複雑であること、ポンプ機能としての役割が左室ほど重要視されていないことなどから確立された機能解析法はなく、種々の心疾患に伴う右室機能の変化には不明な点が多い。

近年、非侵襲的画像診断法としてコンピューター断層撮影法 (computed tomography: CT) や磁気共鳴映像法 (magnetic resonance imaging: MRI) が普及し、これらにより心臓の形態的評価のみならず心機能に関する検討も行われるようになった。とくにMRIは任意の時相で多断面を画像収集できるため複雑な右室腔の容量計測が可能と考えられるが、MRIを用いた右室機能評価の報告は少ない^{4,5)}。本研究ではMRIを用いて心筋梗塞慢性期の右室機能を評価し、それに及ぼす要因、とくに左室機能障害および冠動脈病変との関連性を検討した。

対 象

対象は虚血性心疾患またはその疑いによって当科に入院し、心臓カテーテル検査を施行した57例である。このうち心筋梗塞は43例で、発症後2ヵ月以上経過したものである。心筋梗塞のない狭心症または健常者14例を対照とした。なお、狭心症例は両心室機能において健常者と差がなかったため対照群に含めた。

心筋梗塞群は梗塞責任冠血管別に以下の3群に分類した。すなわち左冠動脈領域の梗塞(左冠群)22例、右冠動脈領域の梗塞(右冠群)13例、および左・右両冠動脈領域に梗塞を有する(多枝群)8例であった。各群の臨床的背景をTable 1に示す。なお、左冠群22例のうち16例は前壁中隔梗塞であり、6例は回旋枝領域の梗塞であった。右冠群はすべて下壁梗塞例であり、そのうち急性期の心行動態モニター上、平均右房圧が肺動脈拡張期圧にほぼ等しいかそれを上回る値を示した右室梗塞合併例⁶⁾は2例で、合併なし7例、不明4例であった。また、右冠群に関しては後に右冠動脈内病変部位あるいは再疎通や側副血行路の有無と右室駆出率

Table 1 Clinical characteristics of the study subjects

	N	Myocardial infarction		
		LCA	RCA	L+R
No. of patients	14	22	13	8
Mean age (yrs)	59±8	61±10	60±9	56±11
Gender (male/female)	9/5	18/4	9/4	7/1
Heart rate (bpm)	74±15	73±15	69±9	81±18

Values are indicated as mean±standard deviation (SD).

N=normal subjects and angina pectoris; LCA=myocardial infarction with left coronary artery lesion; RCA=myocardial infarction with right coronary artery lesion; L+R=myocardial infarction with left and right coronary artery lesions.

の関係を検討した。側副血行路はRentrop分類⁶⁾に従いgrade 0あるいは1を「なし」、grade 2あるいは3を「あり」とした。

方 法

MRIは東芝製超伝導型磁気共鳴CT装置、MRT 50A (0.5T)を用いた。パルス系列は心電図同期 spin-echo法、スライス幅は1 cm、平均加算回数は2回とし、single slice and multi phase法にて行った。すなわち肺動脈弁部より右室底部まで1 cm間隔で右室腔の水平断面像を各断面、拡張末期および収縮末期の2時相において撮像した(Fig. 1)。拡張末期は心電図R波に同期し、収縮末期像は心電図T波の終末(280-360 msec)で収集した。得られた画像の心内膜面をトレースし、Simpson法で容量計測を行った。画像処理はテレビ画面上でトラックボールを操作し、右室腔の心内膜面、すなわち心筋と右室腔の境界部を手でトレースし、水平断面積を計測、同時相の各断面を積分することにより右室拡張末期容積(right ventricular end-diastolic volume: RVEDV)、右室収縮末期容積(right ventricular end-systolic volume: RVESV)、1回拍出量(SV=RVEDV-RVESV)と右室駆出率(right ventricular ejection fraction: RVEF)を求めた[RVEF=(RVEDV-RVESV)/RVEDV]。なお各群間の比較に際しては、容積は体表面積で補正した値、すなわち右室拡張末期容積係数(right ventricular end-diastolic volume index: RVEDVI)、右室収縮末期容積係数(right ventricular end-systolic volume index: RVESVI)を用いた。また、トレースの際、腱索は右室腔に含め、右室と右房の境界は三尖弁輪を直線で結ぶ線とした。上記で求めた右室機能諸指標に関しては、同一検者および異なった検者

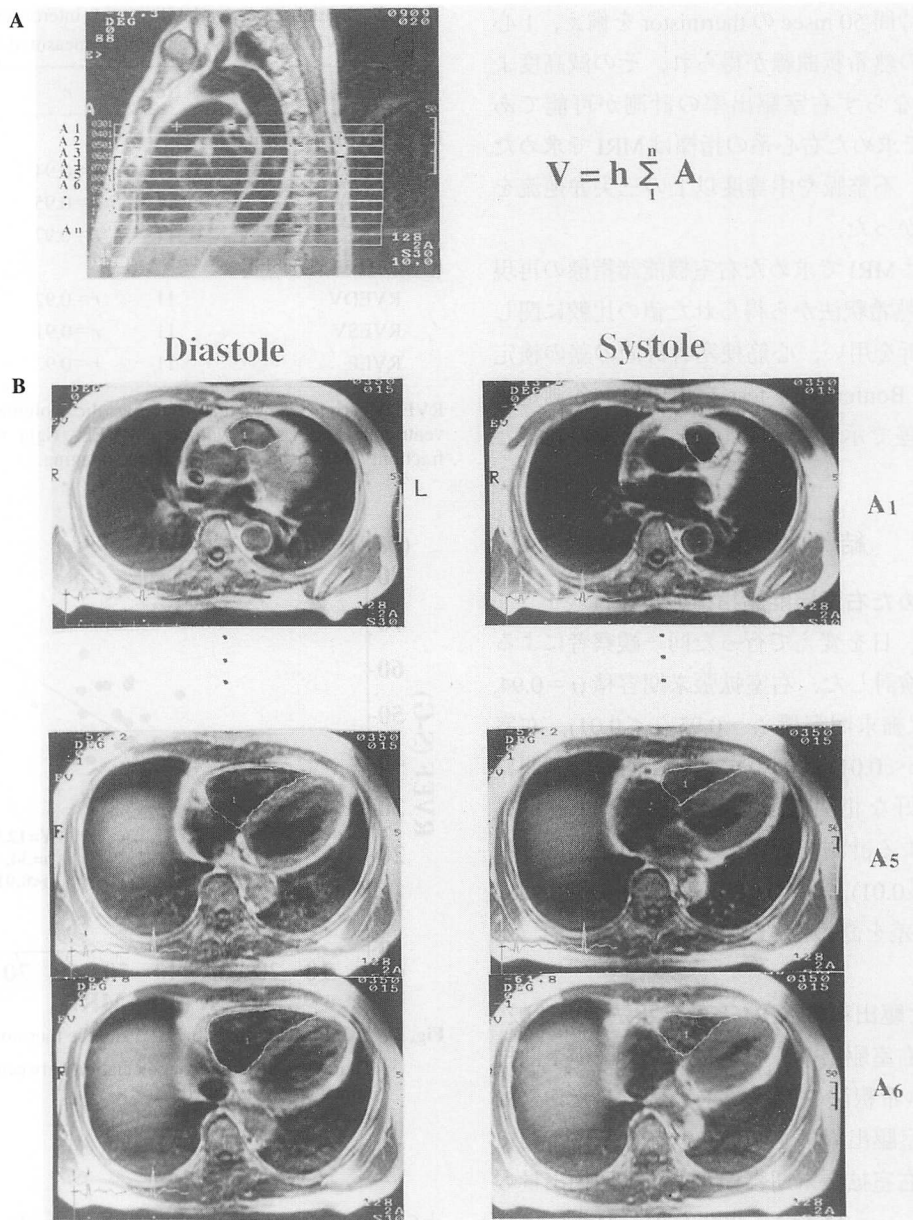


Fig. 1 MR sagittal image of the right ventricle (A) and short-axis images of the right ventricle at end-diastole and end-systole (B)

Right ventricular volumes were determined by Simpson's rule algorithm.
 V =volume; A =traced area; h =thickness (1 cm).

による計測値の変動をそれぞれ11例において調べ、再現性を検討した。

全例に冠動脈造影と右前斜位30°で左室造影を行い、area-length法⁷⁾により左室拡張末期容積(left ventricular end-diastolic volume: LVEDV)、左室拡張末期容積係数(left ventricular end-diastolic volume index: LVEDVI)、左室収縮末期容積(left ventricular end-systolic volume: LVESV)と左室駆出率(left ventricular

ejection fraction: LVEF)を求めた[LVEF=(LVEDV-LVESV)/LVEDV]。また平均肺動脈圧をfluid-filled systemを介し圧トランスデューサー(Spectramed製,P23XL)で測定した。34例においては温度速応答性Swan-Ganzカテーテル(モデル93A-431H,7.5F)を挿入し、右室駆出率・心拍出量測定装置(American Edwards製,REF-1)を用い、熱希釈法による心拍出量と右室駆出率の計測を行った。上記のSwan-Ganzカ

テールは応答時間 50 msec の thermistor を備え、1 心拍ごとの階段状の熱希釈曲線が得られ、その減高度より心拍出量のみならず右室駆出率の計測が可能である^{8,9)}。熱希釈法で求めた右心系の指標は MRI で求めた値と対比したが、不整脈や中等度以上の三尖弁逆流を有する症例はなかった。

統計学的解析は MRI で求めた右室機能諸指標の再現性および MRI と熱希釈法から得られた値の比較に関しては回帰直線解析を用い、心筋梗塞各群間の差の検定には ANOVA と Bonferroni's test を用いた。各測定値は平均±標準偏差で示し、 $p < 0.05$ を有意差の判定とした。

結 果

1. MRI で求めた右室機能諸指標の再現性

11 例において、日を変えて行った同一観察者による計測値の変動を検討した。右室拡張末期容積 ($r=0.94$, $p < 0.01$)、右室収縮末期容積 ($r=0.95$, $p < 0.01$)、右室駆出率 ($r=0.97$, $p < 0.01$) は、いずれも 2 回の計測間において有意で良好な相関を示した。また、11 例に異なった観察者による計測を行い、その値の相関はそれぞれ ($r=0.92$, $p < 0.01$)、($r=0.91$, $p < 0.01$)、($r=0.92$, $p < 0.01$) で有意な差を認めた (Table 2)。

2. 右室容積と駆出率の MRI と熱希釈法での比較

34 例において右室駆出率、右室容積、および 1 回拍出量を MRI と熱希釈法の両法で求め比較した。MRI と熱希釈法で右室駆出率は $r=0.56$ の有意な正相関を示した (Fig. 2)。右室拡張末期容積および 1 回拍出量もそれぞれ $r=0.52$, $r=0.62$ の正相関を示したが、ばらつきがみられた (Fig. 3)。

3. 梗塞責任血管別にみた心筋梗塞各群の MRI による右室機能の検討

MRI から求めた右室拡張末期容積係数は無梗塞群 ($82.5 \pm 13.1 \text{ ml/m}^2$) と心筋梗塞各群 (左冠群 $79.9 \pm 15.2 \text{ ml/m}^2$, 右冠群 $84.5 \pm 16.0 \text{ ml/m}^2$, 多枝群 $78.9 \pm 12.7 \text{ ml/m}^2$) との間に差を認めなかった。右室収縮末期容積係数も各群間に有意差はなかった (無梗塞群 $42.3 \pm 8.0 \text{ ml/m}^2$, 左冠群 $39.8 \pm 9.9 \text{ ml/m}^2$, 右冠群 $45.4 \pm 10.8 \text{ ml/m}^2$, 多枝群 $46.7 \pm 8.9 \text{ ml/m}^2$) (Fig. 4)。

右室駆出率は無梗塞群 ($48.9 \pm 4.3\%$) と左冠群 (50.6

Table 2 Intraobserver variability and interobserver variability in RVEDV, RVESV, and RVEF measured by MRI

	No.	r	Equation
Intraobserver variability			
RVEDV	11	$r=0.94$	$y=0.96x+5.36$
RVESV	11	$r=0.95$	$y=0.96x+6.41$
RVEF	11	$r=0.97$	$y=0.85x+4.57$
Interobserver variability			
RVEDV	11	$r=0.92$	$y=0.92x+19.65$
RVESV	11	$r=0.91$	$y=0.92x+12.93$
RVEF	11	$r=0.92$	$y=1.02x-0.6$

RVEDV=right ventricular end-diastolic volume; RVESV=right ventricular end-systolic volume; RVEF=right ventricular ejection fraction; MRI=magnetic resonance imaging.

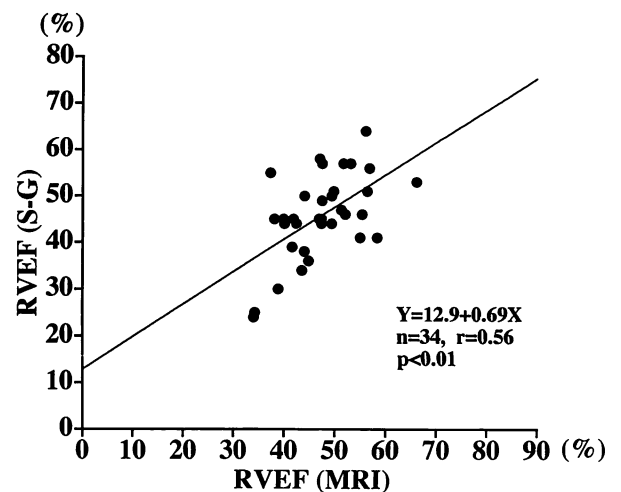


Fig. 2 RVEFs determined by MRI and the thermodilution method. There was a significant correlation between the RVEFs determined by the two methods. Abbreviations as in Table 2.

$\pm 6.6\%$) に差はなかったが、多枝群 ($41.0 \pm 4.5\%$) では有意に低値を示した。右冠群 ($45.9 \pm 6.6\%$) では無梗塞群より低下傾向を示した。右室駆出率は左冠群と比べ右冠群、多枝群ではそれぞれ有意に低下した (Fig. 5)。各群の心拍数には有意差を認めなかった (Table 1)。

4. 梗塞責任血管別にみた心筋梗塞各群の左室機能と平均肺動脈圧

左室造影法より各群の左室駆出率と左室拡張末期容積係数を求めた。左室駆出率は心筋梗塞の各群ですべて無梗塞群より低値を示し、とくに多枝群で著明であった。左室拡張末期容積係数は多枝群で他群に比し大であった。平均肺動脈圧は左冠群と多枝群で高値を

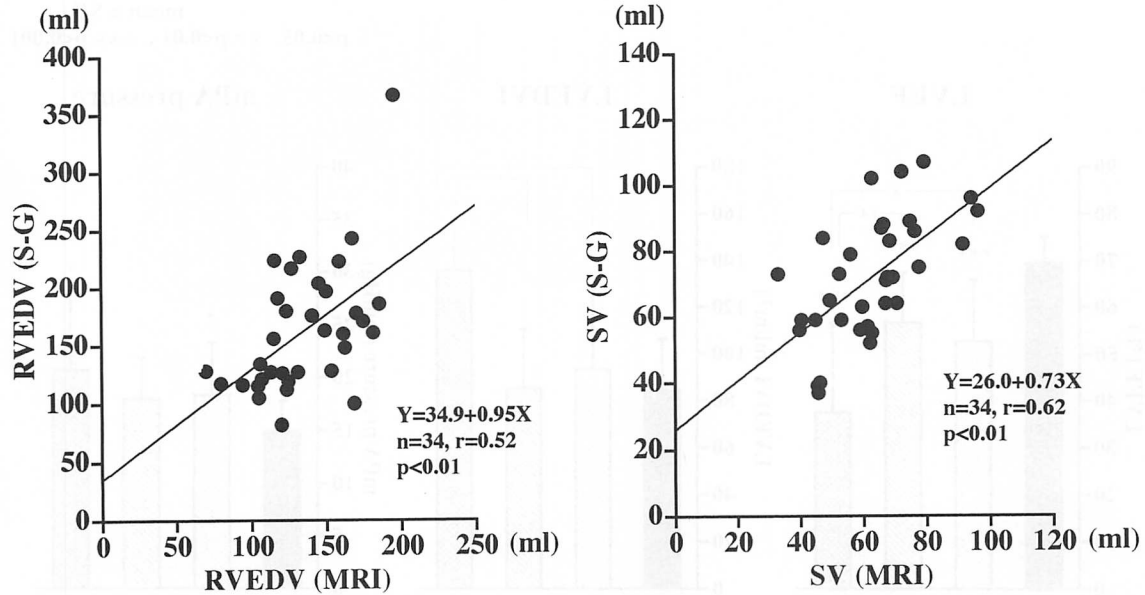


Fig. 3 RVEDV and SV determined by MRI and the thermolilution method

There were significant correlations between RVEDV and SV determined by the two methods. SV=stroke volume. Other abbreviations as in Table 2.

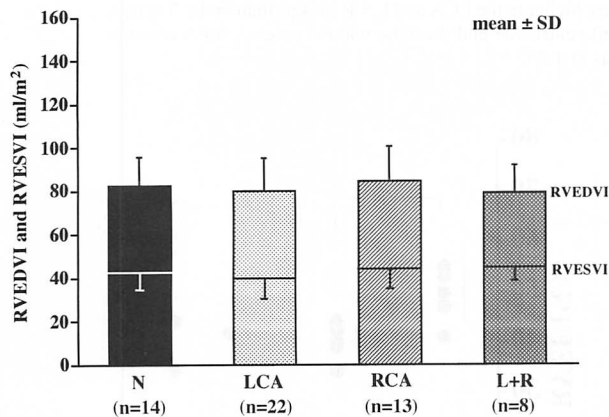


Fig. 4 RVEDVI and RVESVI determined by MRI

There was no difference in RVEDVI and RVESVI between the groups. RVEDVI=right ventricular end-diastolic volume index; RVESVI=right ventricular end-systolic volume index. Other abbreviations as in Tables 1, 2.

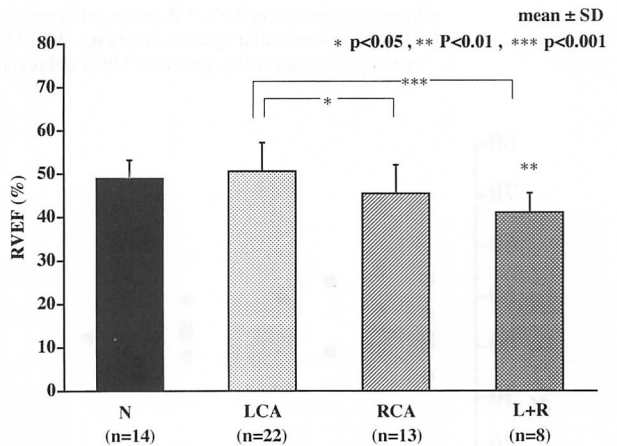


Fig. 5 RVEF determined by MRI

RVEF was significantly lower in the RCA and L+R groups than in the LCA group, but there was no difference between the LCA and N groups. Abbreviations as in Tables 1, 2.

示した (Fig. 6).

5. 右冠動脈病変と右室収縮能の関係：右冠群および多枝群における検討

右冠動脈に梗塞を有する群において、右冠動脈の病変部位あるいは再疎通や側副血行路の有無による右室駆出率への影響を検討した。右冠群および多枝群ともに狭窄分節(分節1-4)による右室駆出率の差は認めな

かった (Fig. 7-A)。

右冠動脈再疎通および側副血行路の有無と右室駆出率の関係を Fig. 7-B に示す。右冠群においては、再疎通や側副血行路がともない症例 ($39.8 \pm 3.8\%$) では再疎通例 ($49.6 \pm 5.5\%$) に比べ右室駆出率は有意に低値であった。多枝群では症例が少ないこともあり、差は明らかでなかった。

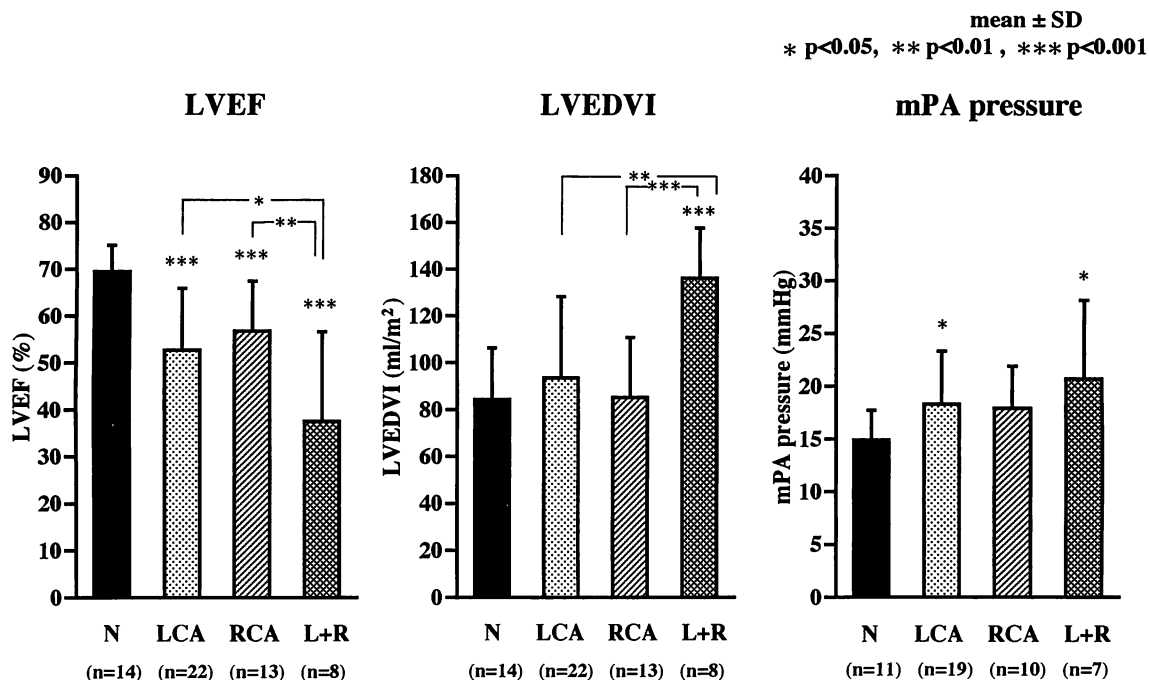


Fig. 6 Left ventricular function by left ventriculography and mean pulmonary artery pressure
LVEF was significantly decreased in all myocardial infarction groups (N>RCA, LCA>L+R). LVEDVI was significantly increased in the L+R group, mPA pressures were higher in the LCA and L+R groups than in the N group. LVEF=left ventricular ejection fraction; LVEDVI=left ventricular end-diastolic volume index; mPA pressure=mean pulmonary artery pressure. Other abbreviations as in Table 1.

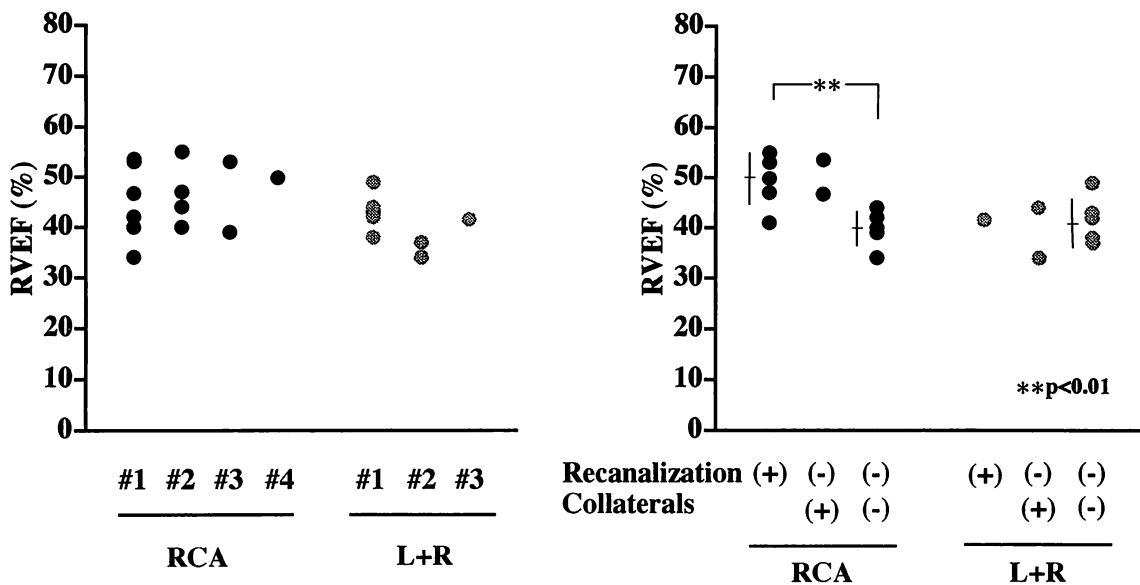


Fig. 7 RVEF and right coronary artery lesion in the RCA and L+R groups
Within the RCA group, RVEF was lower in patients without recanalization of the right coronary artery or collaterals than in patients with recanalization. Abbreviations as in Tables 1, 2.

考 案

本研究ではMRIを用い、Simpson法による右室機能の評価を試みた。MRIによる右室容積と右室駆出率の再現性は、同一検者間および異なる検者間での比較ともに良好であった。熱希釈法との対比では右室駆出率($r=0.56$)、右室拡張末期容積($r=0.52$)ともに有意な正相関を得たが、右室拡張末期容積に関してはばらつきがあり、熱希釈法で高値を示す症例を認めた。

MRIによる心容積測定信頼性に関して、Rehrら¹⁰⁾は15例の剖検心ラテックス鋳型モデルを作成し、Simpson法で左室容量を測定した。その結果、実際のモデルの容積との間に $r=0.997$ の良好な相関関係が得られている。また、Dilworthら¹¹⁾は24例の成人を対象にMRIと左室造影法を行い、両法により求めた左室機能を比較した。MRIを用いarea-length法で計測した場合、左室拡張末期容積、左室収縮末期容積、左室駆出率ともに左室造影法との間にそれぞれ $r=0.76$ 、 $r=0.92$ 、 $r=0.78$ の有意な正相関を認めたが、左室拡張末期容積と駆出率に関しては過小評価する傾向があった。一方、Simpson法で計測した場合(9例)の相関関係は、それぞれ $r=0.73$ 、 $r=0.88$ 、 $r=0.76$ と良好で左室造影法と差はなかったと報告している。右室容積に関してはMRIと他の方法を比較した報告は認めない。

われわれの成績でMRIと熱希釈法で計測値が多少ばらついたことに関しては、MRIでは右室容積を積分法で直接計測するが、熱希釈法では心拍出量と右室駆出率より二次的に容積を算出するため誤差が大きくなる可能性を考えている。熱希釈法は侵襲的検査ではあるが同一人に短期間に繰り返し行えることや、同時に心内圧測定が可能であるという利点を有し、冠動脈造影検査時に施行可能であることより、本研究ではMRIの対照方法に選択した。熱希釈法による右室駆出率は^{99m}Tc-HSA心プールシンチグラフィにより得られた値と有意な正相関を示す⁹⁾とされるが、熱希釈法による値は個体間のばらつきが大きいとの報告もある¹²⁾。また、心プールシンチグラフィや右室造影法と比較した場合、熱希釈法は右室駆出率を過小評価し、右室拡張末期容積を過大評価する可能性が報告されている¹²⁻¹⁴⁾。右室駆出率の正常値はわれわれのMRIによる対照群の成績では $48.9 \pm 4.3\%$ であった。これまでの右室造影法では $51-66\%$ ¹⁵⁻¹⁷⁾、熱希釈法で $35-56\%$ ^{2,13)}、

心プールシンチグラフィでは方法により異なるが $39-67\%$ ¹⁸⁻²¹⁾とされる。右室拡張末期容積はわれわれの対照群では $82.5 \pm 13.1 \text{ ml/m}^2$ であり、右室造影法による健常人の報告では $69-81 \text{ ml/m}^2$ ¹⁵⁻¹⁷⁾とされている。今回のMRIによる計測値は妥当な値と考えられ、非侵襲的に右室機能を評価するうえでMRIは有用な検査法と考えられる。

心筋梗塞慢性期の右室機能の変化に関して、われわれの梗塞責任血管別にみたMRIによる成績では、右室容積には各群とも変化を認めないが、右室駆出率は左冠動脈領域単独の梗塞群で保たれたのに対し、右冠動脈領域に梗塞を有する群で低く、とくに左・右両冠動脈領域の多枝梗塞例で明らかに低値であった。多枝群では左室拡張末期容積の増大と平均肺動脈圧上昇を認め、左室駆出率は他の梗塞群よりも有意に低下した。右冠群では再疎通例に比べ、再疎通や側副血行路とともに認めない例で右室駆出率が低下した。

右室機能の規定因子として、右室心筋収縮力、右室前負荷としての静脈還流、あるいは肺動脈血管抵抗や左室機能障害が肺循環系を介し右心系に与える後負荷としての要因があるが、これ以外にも右室は一定の心膜空間に左室と隣接して存在していることより、左室容積の変化や心室中隔の運動異常にも直接影響を受けるとされる^{22,23)}。心筋梗塞に伴う右室機能異常として下壁心筋梗塞に伴う右室梗塞が知られ、この右室機能不全は右室の心筋障害によるものと考えられる。

心室中隔の運動異常に伴う前壁中隔梗塞での右室機能が障害されるか否かは重要であるが、報告により異なった結論^{20,21,24-26)}が得られている。急性期には右室機能不全を認めるとするものがあり、これによると右室収縮能の障害は左室機能の低下の程度と相関するとされる²⁴⁻²⁶⁾。Marmorら²⁵⁾は前壁中隔梗塞での右室機能不全は経過とともに改善し、原因は右室後負荷の増大によるのであろうとしている。今回の成績では左冠群では右室機能は保たれ、慢性期では心室中隔の障害が右室機能に与える影響は少ないと考えられた。

一方、今回多枝梗塞群で著明な右室機能の低下を示したことに関しては、右室後負荷の増大や左室容積増加など左室の形態的变化、あるいは中隔から自由壁に及ぶ広範な右室心筋障害など種々の要因が関与していると考えられる。

心筋梗塞慢性期に右室機能が臨床上問題となること

は少ない。しかし不顕性な右室機能障害も肺血管抵抗を増加させることにより顕性化するとする報告²⁷⁾があり、肺疾患のある症例では血行動態の異常をきたす可能性も考えられる。また、うっ血性心不全例で右室駆出率の低下は運動耐容能の低下と関連するとも報告されている^{28,29)}。われわれの成績では、右室機能は多枝梗塞例でとくに低下を示し、心筋梗塞慢性期における右室機能の評価は予後との関連性でより詳細に検討さ

れる必要がある。

結 論

非侵襲的に右室機能を評価するうえで、MRIは有用な検査法と考えられた。MRIを用いた今回の成績では、心筋梗塞慢性期の右室機能は右冠動脈病変の有無により大きく影響されるが、多枝梗塞例では左室機能にも影響される可能性があると考えられた。

要 約

心筋梗塞慢性期における右室機能の変化と左室機能障害が右室機能に及ぼす影響を知る目的で、磁気共鳴映像法(MRI)を用い、右室容積と右室駆出率を計測し、梗塞の責任血管別に検討した。

対象は虚血性心疾患を疑って心臓カテーテル検査を行い、その前後5日以内にMRI検査を施行した57例で、梗塞のない群14例、左冠動脈領域梗塞(左冠)群22例、右冠動脈領域梗塞(右冠)群13例、左右両冠動脈領域梗塞(多枝)群8例である。MRIは0.5T超伝導型装置を用い、spin-echo法で右室腔の水平断面像を描出、Simpson法で右室拡張末期容積、1回拍出量、右室駆出率の3指標を求めた。34例で右室駆出率測定用熱希釈カテーテル(熱希釈法)により同様の指標を計測した。また左室造影法により左室駆出率、左室拡張末期容積を求めた。

MRIによる右室駆出率の再現性は、観察者内(11例, $r=0.97$)、観察者間(11例, $r=0.92$)ともに良好であった。MRIと熱希釈法の両法の間で、右室に関する3指標はそれぞれ有意に相関した。MRIから求めた右室拡張末期容積係数は梗塞各群間に差はなかった。右室駆出率は無梗塞群($48.9 \pm 4.3\%$)と左冠群($50.6 \pm 6.6\%$)で差はなかったが、右冠群($45.9 \pm 6.6\%$)で低下傾向、多枝群($41.0 \pm 4.5\%$)で有意に低かった。右室駆出率は右冠群においてその病変部位での差はなかったが、右冠動脈再疎通例($49.6 \pm 5.5\%$)と完全閉塞かつ側副血行路のない例($39.8 \pm 3.8\%$)との間には有意差を認めた。左室造影から求めた左室駆出率は無梗塞群で右冠群より大、また左冠群で多枝群より大であり、左室拡張末期容積係数は多枝群で増大した。

以上より、非侵襲的にMRIを用い右室機能を検討すると、心筋梗塞慢性期では右冠動脈領域に梗塞を有する群で右室駆出率は低下し、また左冠動脈領域にも梗塞を合併する多枝梗塞例では、さらに低値を示した。右室収縮能は右冠動脈病変により低下するとともに、さらに高度左室機能障害にも影響されて低下することが示唆される。

J Cardiol 1995; 26: 203-211

文 献

- 1) Cohn JN, Guiha NH, Broder MI, Limas CJ: Right ventricular infarction: Clinical and hemodynamic features. *Am J Cardiol* 1974; 33: 209-214
- 2) 中島恒幸, 今村俊之, 中村 稔, 池田重成, 宿輪昌宏, 原耕平: 慢性肺疾患患者における右室駆出率ならびに右室容量の測定. *日胸疾会誌* 1991; 29: 46-51
- 3) Bove AA, Santamore WP: Ventricular interdependence. *Prog Cardiovasc Dis* 1981; 23: 365-388
- 4) Zhang Y, Imai K, Araki Y, Nishino Y, Saito S, Ozawa Y, Yasugi

- T: Assessment of ejection fraction of the right and left ventricles in patients with acute myocardial infarction by magnetic resonance imaging. *Jpn Circ J* 1993; 57: 512-520
- 5) Møgelvang J, Stubgaard M, Thomsen C, Henriksen O: Evaluation of right ventricular volumes measured by magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 1988; 9: 529-533
- 6) Rentrop KP, Cohen M, Blanke H, Phillips RA: Changes in collateral channel filling immediately after controlled coronary artery occlusion by an angioplasty balloon in human subjects. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 587-592
- 7) Kasser IS, Kennedy JW: Measurement of left ventricular volume

- in man by singleplane cineangiography. *Invest Radiol* 1969; **4**: 83-90
- 8) Kay HR, Afshari M, Barash P, Wepler W, Iskandrian A, Bemis C, Hakki A-H, Mundth ED: Measurement of ejection fraction by thermal dilution techniques. *J Surg Res* 1983; **34**: 337-346
 - 9) 和井内由充子, 半田俊之介, 阿部純久, 岩永史郎, 楠原正俊, 池田史彦, 池川 徹, 西川泰弘, 横塚 仁, 大西祥平, 堀 進悟: 右室駆出率の測定: 新しく改良された熱希釈法の信頼性と限界. *呼吸と循環* 1988; **36**: 513-516
 - 10) Rehr RB, Malloy CR, Filipchuk NG, Peshock RM: Left ventricular volumes measured by MR imaging. *Radiology* 1985; **156**: 717-719
 - 11) Dilworth LR, Aisen AM, Mancini GBJ, Lande I, Buda AJ: Determination of left ventricular volumes and ejection fraction by nuclear magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1987; **113**: 24-32
 - 12) Maruschak GF, Schauble JF: Limitation of thermodilution ejection fraction: Degradation of frequency response by catheter mounting of fast-response thermistors. *Crit Care Med* 1985; **13**: 679-682
 - 13) Urban P, Scheidegger D, Gabathuler J, Rutishauser W: Thermodilution determination of right ventricular volume and ejection fraction: A comparison with biplane angiography. *Crit Care Med* 1987; **15**: 652-655
 - 14) Dhainaut JF, Brunet F, Monsallier JF, Villemant D, Devaux JY, Konno M, De Gournay JM, Armaganidis A, Iotti G, Huyghebaert MF, Lanore JJ: Bedside evaluation of right ventricular performance using a rapid computerized thermodilution method. *Crit Care Med* 1987; **15**: 148-152
 - 15) Gentzler RD II, Briselli MR, Gault JH: Angiographic estimation of right ventricular volume in man. *Circulation* 1974; **50**: 324-330
 - 16) Ferlinz J, Gorlin R, Cohn PF, Herman MV: Right ventricular performance in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1975; **52**: 608-615
 - 17) Carlsson E, Keene RJ, Lee P, Goerke RJ: Angiocardiographic stroke volume correlation of the two cardiac ventricles in man. *Invest Radiol* 1971; **6**: 44-51
 - 18) Ratner SJ, Huang PJ, Friedman MI, Pierson RN Jr: Assessment of right ventricular anatomy and function by quantitative radionuclide ventriculography. *J Am Coll Cardiol* 1989; **13**: 354-359
 - 19) Marving J, Høilund-Carlsen PF, Chrømmer-Jørgensen B, Gadsbøll N: Are right and left ventricular ejection fractions equal?: Ejection fractions in normal subjects and in patients with first acute myocardial infarction. *Circulation* 1985; **72**: 502-514
 - 20) Steele P, Kirch D, LeFree M, Battock D: Measurement of right and left ventricular ejection fractions by radionuclide angiography in coronary artery disease. *Chest* 1976; **70**: 51-56
 - 21) Tobinick 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* 1978; **57**: 1078-1084
 - 22) 川村陽一: 右室および左室の機能の直接的相互関与に関する実験的研究: 心室拡張終期圧を指標として. *慶応医学* 1979; **56**: 197-210
 - 23) Weber KT, Janicki JS, Shroff S, Fishman AP: Contractile mechanics and interaction of the right and left ventricles. *Am J Cardiol* 1981; **47**: 686-695
 - 24) 雪吹周生, 田中啓治, 清野精彦, 高野照夫, 早川弘一: 急性心筋梗塞における右心機能不全発現機序: 前壁・下壁梗塞症例における比較検討. *心臓* 1992; **24**: 3-12
 - 25) Marmor A, Geltman EM, Biello 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* 1981; **64**: 1005-1011
 - 26) Caplin JL, Dymond DS, Flatman WD, Spurrell RAJ: Global and regional right ventricular function after acute myocardial infarction: Dependence upon site of left ventricular infarction. *Br Heart J* 1987; **58**: 101-109
 - 27) Brooks H, Kirk ES, Vokonas PS, Urschel CW, Sonnenblick EH: Performance of the right ventricle under stress: Relation to right coronary flow. *J Clin Invest* 1971; **50**: 2176-2183
 - 28) 西村恒彦, 植原敏勇, 林田孝平, 小塚隆弘: うっ血性心不全における右室駆出分画 (RVEF) の臨床的意義. *核医学* 1988; **25**: 151-156
 - 29) Kubota Y, Sugihara H, Nakagawa T, Inagaki S, Inoue N, Azuma A, Shimoo K, Furukawa K, Katsume H, Ijichi H: Evaluation of right ventricular function in severe left ventricular failure: Comparison of old myocardial infarction with dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1987; **17**: 731-740 (in Japanese)