

(E 4 4)

Quantitation of 'Myocardium at Risk' and Infarct with Myocardial Perfusion SPECT

June-Key CHUNG, Dong Soo LEE,
Chul Eun KWARK, Myung Chul LEE and
Chang-Soon KOH : Dept. of Nuclear
Medicine, Seoul National Univ. KOREA

Because some myocardial segments with apparent persistent perfusion defects at rest image of Tl-201 SPECT carry viable myocardium, we tried to quantify the myocardium of persistent defects with dipyridamole stress/rest Tc-99m-MIBI SPECT in 70 patients with chronic coronary artery disease (CAD) and 82 with post-acute myocardial infarction (AMI).

At first, we made computerized methods for quantifying the reversibility in myocardium with the perfusion state of stress/rest difference and for scoring persistent defects in terms of extent-weighted severity.

Reversibility (R) scores of AMI cases showed the same distribution as those of chronic CAD patients. R score predicted improvement of ischemic myocardium after PTCA (discriminant analysis, $\eta^2=0.89$, $p=0.09$, $n=9$) even in AMI. R score of pre-PTCA was correlated with the decrease of R score (multiple regression $r^2=0.73$, $p<0.05$) in AMI patients as well as in chronic CAD patients.

In addition, to evaluate the utility of severity score we compared the scores of Tc-99m-MIBI SPECT to rest gated blood pool scan in 30 patients with post-myocardial infarct. Rest defect global score was related with left ventricular global EF ($r=-0.68$, $p<0.01$). Extent-weighted severity of rest perfusion defect dedicated to each artery territory was reflected with regional wall motion abnormalities in post-infarct patients.

We conclude that quantitative method of reversibility and severity in myocardial perfusion SPECT could be useful in the evaluation of 'myocardium at risk' and infarct of coronary artery disease.

Purpose

- To develop reversibility and severity scores and evaluate those utilities in patients of chronic coronary artery disease and myocardial infarct
- To quantify the myocardium of persistent defects with Tc-99m MIBI SPECT

Introduction

Recent Advance in Myocardial Scan

- Radiopharmaceuticals
Tc-99m MIBI, Tc-99m teboroxime (vs Thallium-201)
- Instrument
Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)
- Computer Software
Polar map analysis

Interpretation of Myocardial Perfusion Scan

Observation		Interpretation
Stress Image	Rest Image	
Homogeneous	Unchanged	Normal
Focal defect	Improved	Ischemia
Focal defect	Unchanged	Infarct (?)

H. W. Strauss, J Nucl Med, 1989

Subjects

- 70 patients of chronic coronary artery disease (13;PTCA)
- 82 patients of acute myocardial infarct with angina (9;PTCA)

Methods

1. Tc-99m MIBI Perfusion SPECT
2. Tc-99m RBC Gated Blood Pool Scan (30 patients of AMI)

(Fig 1)

Computer Program

(Fig 2, 3, 4, 5, 6)

1. Reversibility Score (Fig 7, 8, Table 1)
2. Severity Score (Fig 9, 10, Table 1)

Fig 6. Clinical Studies

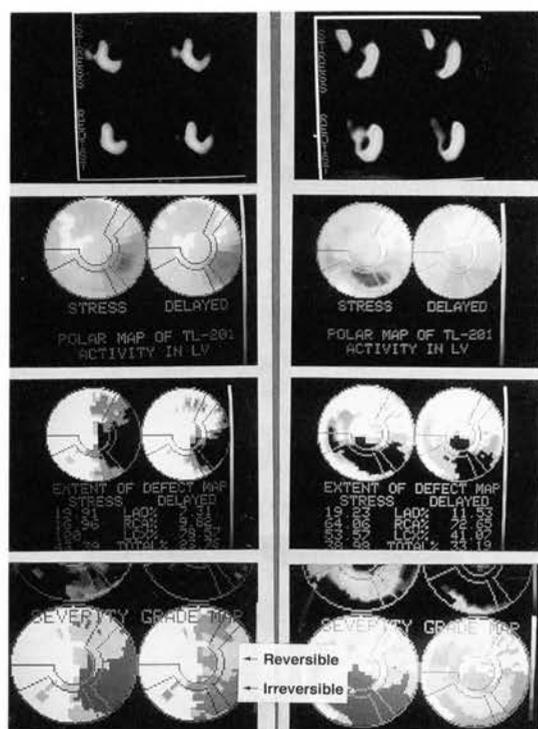


Fig 7. Reversibility Scores

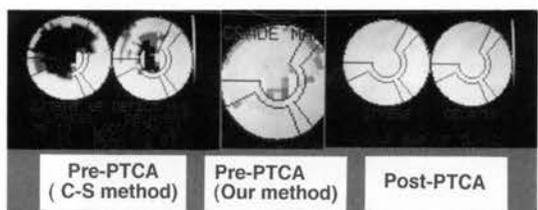
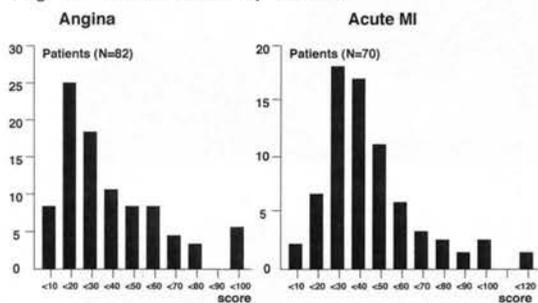


Fig 8. Change of Reversibility Score after PTCA vs Reversibility Score before PTCA

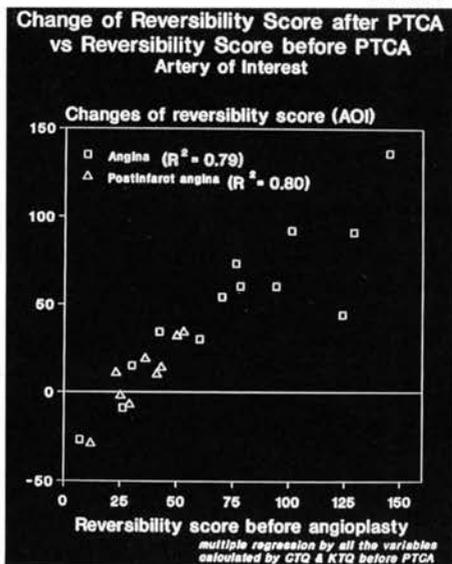


Fig 9. Severity Scores

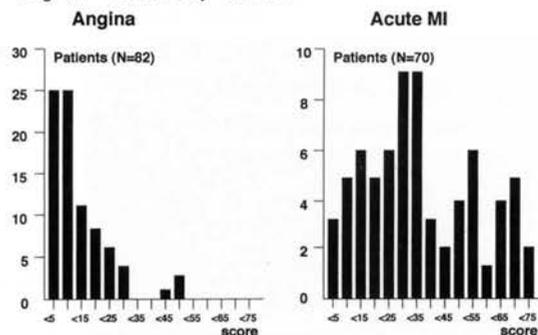


Fig 10. Global LVEF and Extent-weighted Severity of Total Area

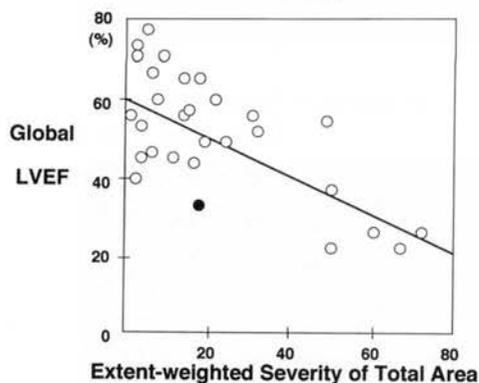


Table 1. Predictive Values of Scores in PTCA (comparison between C-S and SNUH methods)

	Angina	Postinfarct angina
Improved/total cases	10/13	6/9
	1st determinant :	1st determinant :
C-S method	STRESS-REST defect % difference eta = 0.83 (p=0.006)	- (p > 0.1)
SNUH method	Reversibility Score eta = 0.84 (p=0.004)	Reversibility Score eta = 0.89 (p=0.09)

eta : constant of canonical correlation

Table 2. Correlation between Severity Score of Each Artery Territory and the Regional Ejection Fraction

Severity Score	Regional Ejection Fraction		
	Septal	Apico-inferior	Lateral
LAD	-0.68	-0.79	*
RCA	*	-0.51	-0.52
LCX	*	*	-0.53

(E45)

Ultrafast CT appearances of hypertrophic cardiomyopathy

T. SEKIYA : Department of Radiology,
Kyoundo, Japan

Ultrafast computed tomography (UFCT), Imatron C-100, which is a new type of computed tomography based upon electron beam technology (Fig 1, 2, 3), was performed in 30 patients (Table 1) with hypertrophic cardiomyopathy (Fig 4). Images were assessed on variability of left ventricular hypertrophy, the pattern of left ventricular contraction, right ventricular hypertrophy, dilatation of the left atrium and thickening of the mitral valve. Scan techniques were showed Table 2 and Fig 5.

The long-axis and short-axis views of the left ventricle were obtained by sluing the patient's table. Forty ml of non-ionic contrast material was administrated intravenously, using a mechanical injector for each study, and typically three studies were required for one patient.

Table 1:Patients

HCM	30 cases
male	21 cases
female	9 cases

age: 30-69 years old, average 54.2 y. o.

Table 2:Methods

Imatron C-100	
scan time	50 msec
interscan delay	8 msec
scan rate	17/sec
selectable levels	2, 4, 6, 8
slice thickness	8 mm
image matrix	256X256

Fifteen of 30 patients (50.0%) had asymmetric septal hypertrophy (ASH) (Fig 6). Six (20.0%) had diffuse hypertrophy (Fig 7), and nine (30.0%) had apical hypertrophy (Fig 8, Table 3). In 11 patients with ASH and two with apical hypertrophy, non-hypertrophied segments in end-diastole showed vigorous contraction, 16 patients showed homogeneous left ventricular contraction, and one showed partial apical contraction (Table 4).

Right ventricular hypertrophy was noted in 12 patients (40.0%), dilatation of the left atrium in 13 patients (43.3%), and mitral valve thickening in three (10.0%) (Table 5).

UFCT was useful in the evaluation of apical hypertrophy, right ventricular hypertrophy and left atrial dilatation, which could be difficult to obtain with echocardiography.

Table 3:Results (1)

ASH	15/30	(50%)
ApH	9/30	(30%)
Diffuse	6/30	(20%)

Table 4:Results (2)

Pattern of LV contraction	
11/15 ASH:	contraction of non-H segment
7/9 ApH:	homogeneous contraction
6/6 Diffuse:	homogeneous contraction

Table 5:Results (3)

RV hypertrophy	12/30	(40%)
LA dilatation	13/30	(43.3%)
MV thickening	3/30	(10%)

Fig 1. Longitudinal view

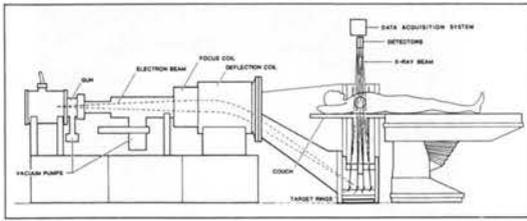


Fig 2. Cross Sectional view

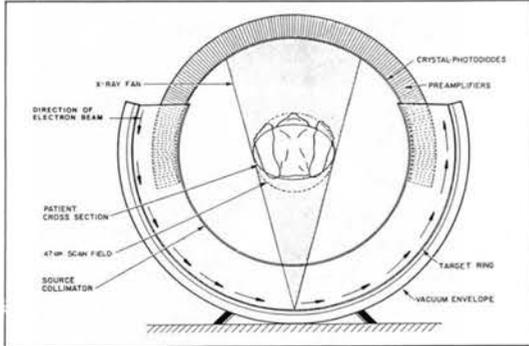


FIGURE 2 Cross-Sectional View

Fig 3. Overview

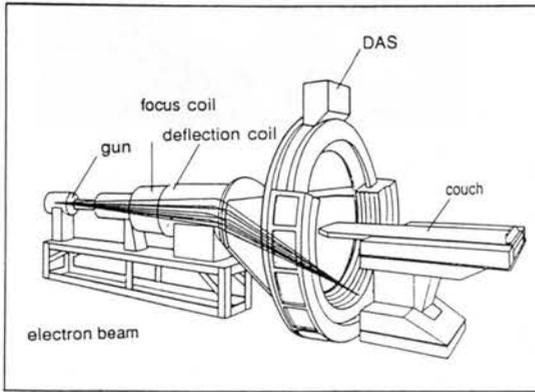


Fig 4. Clasification of HCM

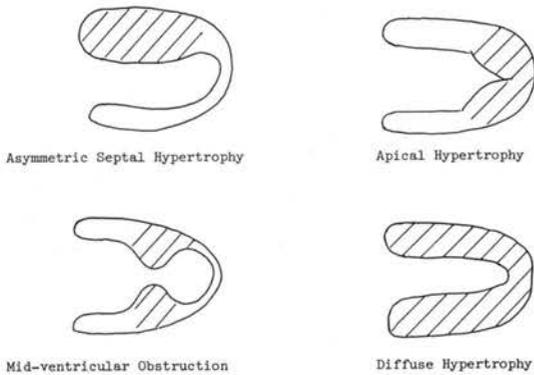


Fig 5. Method of examination

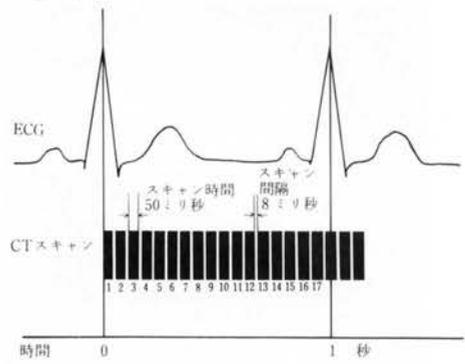


Fig 6. Asymmetric septal hypertrophy

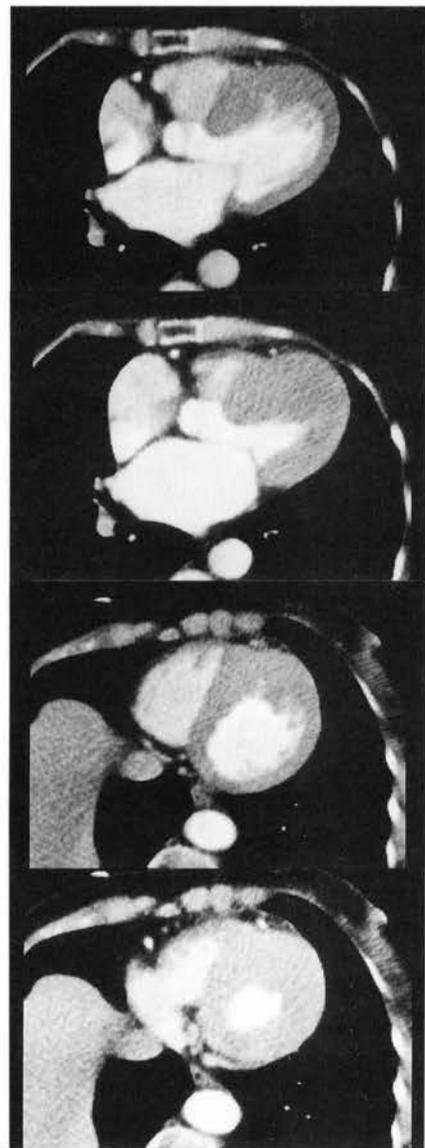
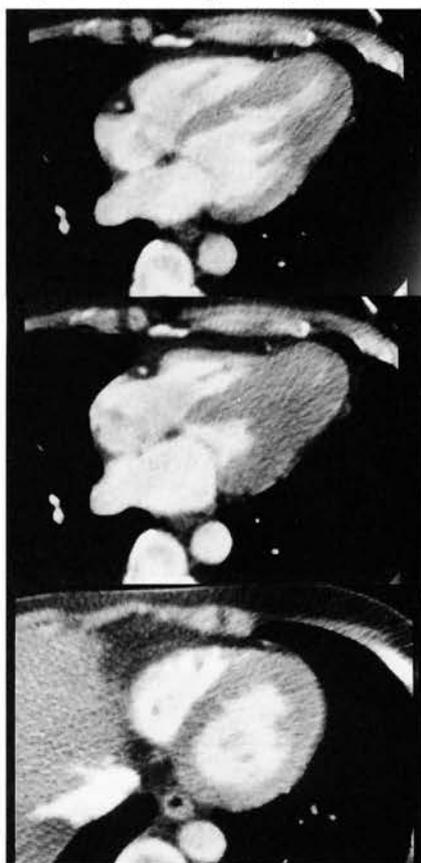


Fig 7 Diffuse hypertrophy



Fig 8 Apical hypertrophy



(E46)

心臓のMRI—シネ撮影による左室容量計算とシネPC法による大動脈弁逆流の定量について—心MRIはカラードプラーを越えるか？

本田 憲業：埼玉医大医療センター放射線科

シネフェーズコントラストMRIアンジオグラフィは、血流速度の測定が可能で、MRIは本法によりカラードプラー心エコー図の更に強力なライバルとなったと考えられる。筆者らは本法を大動脈弁逆流の定量に応用し、カラードプラー心エコー図による重症度判定とよく相関することを確認した。脳血流量、冠状静脈洞血流(=心筋血流量)、肺動脈血流、大動脈血流(=心拍出量)などがすでに測定されている。

【要旨】

核磁気共鳴断層(MRI)は、任意断面での撮像が可能であること、超音波エコー法ほどに撮影者の技量に左右されないこと、被験者の体格・音響窓の性状に左右されないことなどの利点があり、心・大血管の形態診断に有用で、肥大型心筋症、先天性心疾患、心腫瘍、大動脈の先天奇形、大動脈瘤の診断に適応がある。この目的には心電同期スピネエコー(SE)法T1強調像が使用される。

シネ撮像法、または心電同期撮影を使用すれば心臓の動態診断に有用である。また本法は弁逆流の敏感かつ特異的の高い診断法である。長さ面積法、シン普森法により、心室容量が正確に定量できることが確かめられている。これらの適応は、簡便さの点でドプラー心エコー法に劣る。しかし、ドプラー心エコー法が困難な症例には第一選択の検査となりうる。

フェーズコントラストMRアンジオグラフィは、超音波ドプラー法によってのみ非侵襲的・臨床的に測定されていた流速を、非侵襲的に定量できる方法である。すでに本法により右室拍出量、左室拍出量、肺動脈血流、冠静脈洞血流、脳血流が測定されている。本法はまた大動脈弁逆流の定量にも使用できる。超音波の到達しにくい部位の血流速度を定量できるため、本法がMRIの適応を大きく拡大する可能性がある。

【はじめに】

MRIによる心・大血管の診断には、3種類の適応が区別できる。形態診断、動態診断、および近年発達したフェーズコントラストMRアンジオグラフィによる血流速度・流量の診断である。フェーズコントラスト法の開発により、MRIは

ドプラー心エコー図の強力なライバルとなった。本法の新しい利用の開発により、MRIは単なる画像診断から、機能情報画像に発展する可能性を有している。以下、これらについて症例を提示し、述べる。

【形態診断へのMRIの適応】

心臓形態の診断は、先天性心疾患、心筋症、心臓腫瘍において特に重要である。多断面の直接撮影が可能であるMRIは、これらの疾患の診断に適した手段である、心電図同期を用いたスピネエコー法T1強調像が主に行われる。筆者らの経験では、安定した心電図波形により確実な同期信号をえることが技術上の要点である。心電図リードによる火傷を防止するため、心電電極・リード線・ケーブルの装着には常に注意が必要である。

先天性心疾患では心臓の situs の診断、中隔欠損の診断、などに利用されている。肥大型心筋症では心尖部肥大の形状・程度、中隔の非対称的肥大が明瞭に指摘できる。心臓腫瘍ではその位置、形状の診断が容易である。

心筋梗塞の診断も、急性期にはGd-DTPAによる濃染効果、慢性期には心室壁の限局性非薄化として診断可能であるが、現時点では、他疾患を疑われてMRIを施行した場合の鑑別診断的意義が主であろう。タリウム心筋シンチグラフィ・冠状動脈造影の意義がまだ大きいからである。

血流による低信号により造影剤なしに血管の同定が可能であることもMRIの利点(図1)である。患者の体格・音響窓の性状に依存しない利点もMRIにはある。

肥大型心筋症においては肥大の様々なパターンを描出できる。(図2)。心筋梗塞は慢性期には限局性の壁非薄化として描出できる(図3)。陳旧性心筋梗塞の診断が、心電図、心エコー図、心筋シンチグラムなどで困難な場合には有用であるが、第一選択の検査にはならないであろう。

先天性心疾患の診断にもMRIは有用である。心エコー図法に比し、簡便さの点で劣り、ラジオ波の吸収による体温上昇が新生児には問題となりうるので、検査時には注意が必要である。複雑心奇形では、心の全体が容易に撮像できること、多方向の断像が撮影できるため、心エコー図よりも有用とする報告がある。

【動態診断へのMRIの適応】

この目的には心電図を併用したシネ撮像(シネMRI)が通常施行される。実施上の注意は上記

1と同様である。データを連続的に採取したのち、同時に記録した心電図R波の出現時刻をもとに編集する方法である。シンプソン法による心室容積の計算(図4)、長さ面積法による左室容積の計算(図5)が可能である。長さ面積法によれば、シンプソン法よりも少ない画像から左室容積の測定が可能である。シンプソン法によれば左室と右室容積が得られ、短絡量の計算、弁逆流の評価に利用できる。核医学的方法(心プールシンチグラフィ、SPECT)に比し、放射線被曝のないこと、画像の解像力が高く詳細な壁運動の観察が可能な利点があり、費用もむしろ安い。従って運動負荷以外では、MRIがはるかに優れている。

た本法は弁逆流の診断感度、特異度とも優れた方法であることが確認されている(図6)。逆流による低信号領域の長さ、面積、体積は、いずれも逆流量と相関するが、定量は難しい可能性が示されている。

音響窓の性状に検査結果が依存しないことは利点であるが、不整脈患者では施行が困難であるのが、大きな欠点である。

【血流速の定量】

フェーズコントラストMRアンジオグラフィーにより流速の定量が可能である。本法の原理を図7に示す。流速にその流れの占める面積を乗じれば、流量が得られる。大動脈のような拍動流では、短い時間間隔で観測を繰り返して、1心周期にわたって積分すれば流量が得られる(図8~9)。本法により血管内の流速分布が視覚化される(図10)が、これは他の方法で得られない情報である。

本法を大動脈逆流の定量に使用した場合の、ドブラー心エコー図法による重症度判定との相関を示す(図11)。また、同時に撮影した左室長軸断シネMR画像より長さ面積法で計算した値と、本法による定量値との相関を示す(図12)。いずれも良好な相関を示している。また、本法の観察者内および間変動は極めてわずかで、再現性の高い方法である。逆流率を再現性高く、非侵襲的、定量的に容易に測定できる方法として、フェーズコントラストMRアンジオグラフィーは極めてユニークな方法といえる。この点では、ドブラー心エコー図をしのぐと考えられ、MRIは心臓領域でひとつの地位を築きうると思われる。

本法にて心拍出量を定量すれば、経過観察、薬剤その他の負荷の効果判定に使用できる可能性もある。MRIの臨床的適応の拡大が期待できる。

【将来】

心電同期撮影では不整脈患者の検査が制約される。エコープラナー法の臨床化によりこの制約は解除可能で、実用化が待たれる。MRIの組織コントラストの多彩さを、アミロイドーシス・心筋症・サルコイドーシス等の心筋疾患の診断に利用する研究を進展させれば、MRIは更に有用な検査となるであろう。MR造影剤の開発も同様な結果を生むであろう。

【結論】

心MRIはドブラー心エコー図でも困難な情報をフェーズコントラストMRアンジオグラフィーにより視覚化でき、極めて有用である。

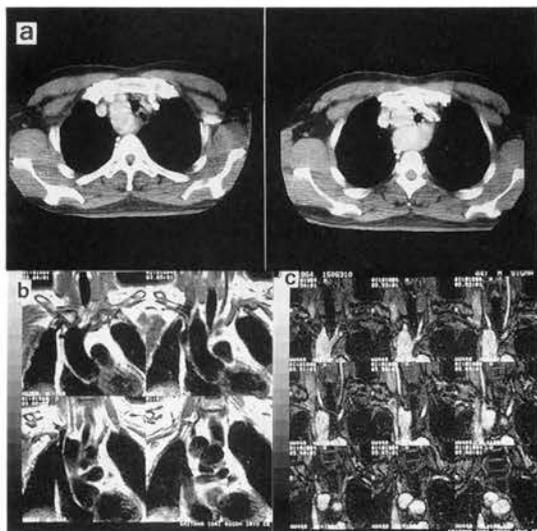


図1 40歳、男性。right aortic arch with mirror image branching.

(a) 造影CT: 右大動脈弓の診断が容易である。分枝の分岐状態の診断は困難である。

(b) MRI, 心電同期T₂強調像: 冠状断の撮影により右鎖骨下動脈が右大動脈弓部から正常者の左鎖骨下動脈の鏡像のごとく分岐している。

(c) MRI, グラジエントエコー法: 左腕頭動脈の分岐, 左総頸動脈-左鎖骨下動脈分岐が描出されており、(b)と合わせ容易に診断に到達できる。造影剤不使用であることに注意。

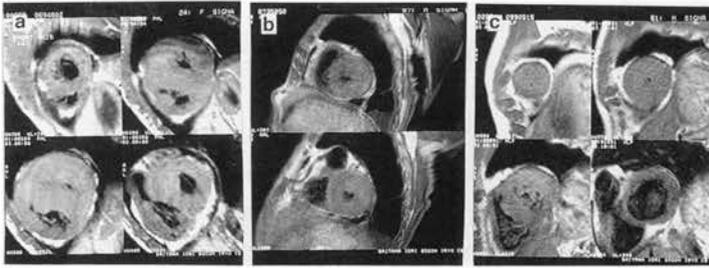


図2 肥大型心筋症。肥大の種々像。心電同期T
1 強調像短軸像。

(a) 24歳、女性。両心室の肥厚。

(b) 67歳、男性。左室のみの肥厚。

(c) 51歳、男性。心尖部により強い左室の肥厚(心尖部肥大型心筋症)。

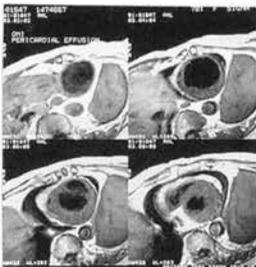


図3 78歳、男性。陳旧性心筋梗塞、心嚢水貯留、
左縦維胸(陳旧性結核)。陳旧性前壁 梗塞
が壁の菲薄化で診断できる。

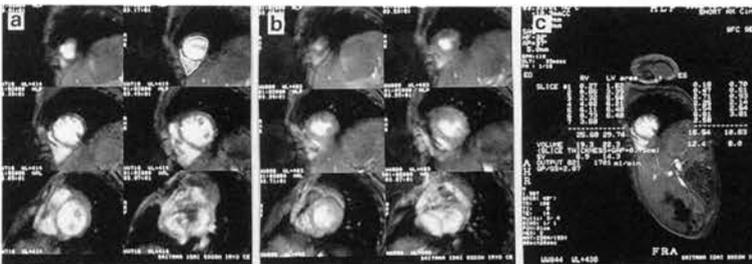


図4 1歳、男性。心室中隔欠損。シンプソン法
による右・左室容積計算。

(a) 拡張末期。

(b) 収縮終期。

(c) 計算結果。両心室の拍出量から Q_p/Q_s
sが計算できる。

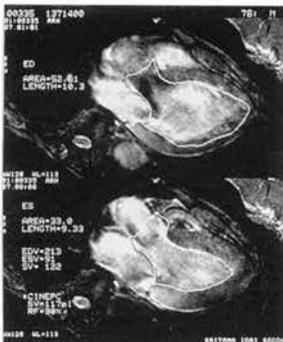


図5 長さ-面積法による心室容積の計算。
76歳。大動脈弁閉鎖不全。

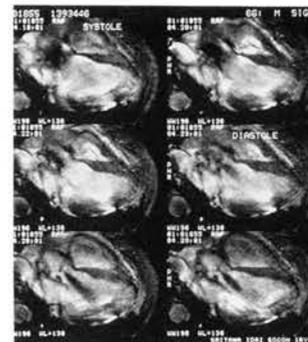


図6 逆流による低信号。66歳、男性。

大動脈弁閉鎖不全。

拡張期に左室内に低信号が出現する。逆流
に伴う乱流によりスピン位相が乱されるた
めとされる。

図7 フェーズコントラスト法の原理。

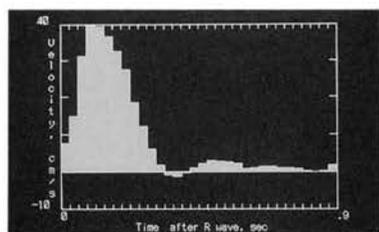
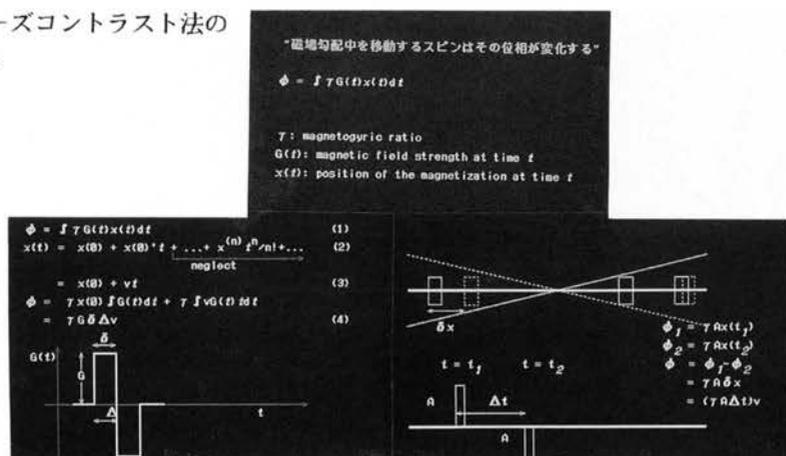


図8 フェーズコントラスト法による上行大動脈の平均流速経時変化。健常者、42歳、男性。基線より下方の部分は上行大動脈内の逆行性の流れである。基線と棒グラフで囲まれた面積が1回拍出量に等しく、基線より下方の部分の面積が逆行性の流れの量である。逆流率は0.98%と計算される。したがって、本法による正常者と軽度の大動脈弁逆流患者との鑑別は、シネMRIの助けを借りぬと困難である。

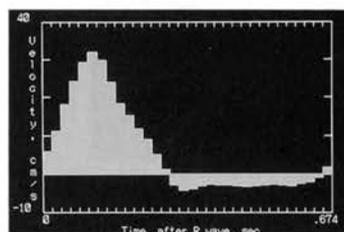


図9 フェーズコントラスト法による上行大動脈の平均流速経時変化。大動脈閉鎖不全。70歳、女性。計算した逆流率は15.8%である。

図10 大動脈弁逆流での上行大動脈血流速度マッピング。黒：順行性の流れ、白：逆行性の流れ。心周期の一部では順行性の流れと逆行性の流れが同時に存在する。逆行性の流れが収縮期がすでに出現する場合があることに注意。

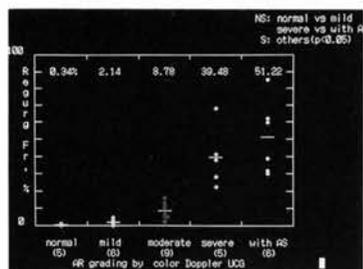
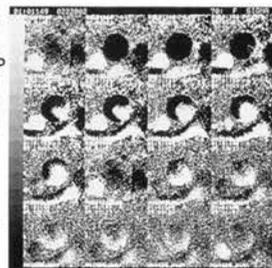


図11 フェーズコントラスト法による逆流率と、ドプラー心エコー法による逆流率の相関。両者に良好な相関が認められる。

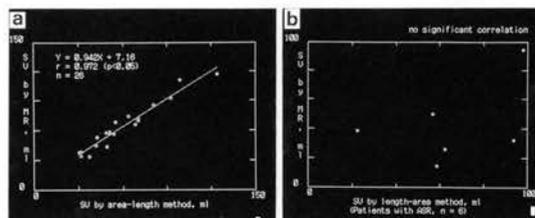


図12 フェーズコントラスト法による心拍出量と、シネMRI左室長軸像よりの長さ-面積法による心拍出量との相関。
 (a) 大動脈弁逆流 (n=20)
 (b) 大動脈弁逆流兼狭窄症 (n=6)。大動脈弁狭窄を合併すると、定量評価が不能になる。これは乱流のため、位相変化と流速が比例しなくなったためであろう。

(E47)

MRの弁膜疾患—造影検査をどの程度除けるか

杉田 勝彦：岡山大医療短大部

心臓弁膜症の画像診断として心血管造影法が確定診断の決め手となる方法であったが、血管内にカテーテルを挿入する侵襲的手法であり、副作用の頻度が非常に少なくなったとはいえ造影剤注入という危険性を伴っている事から、核医学検査や心エコー法などの非侵襲的方法がルーチン検査として普及している。このなかで近年、超高速CTやMRIが新たな非侵襲的心臓検査法として登場してきた。現在、MRIは広く普及しており、心臓に対する有力な検査法となりつつある。

MRIの撮像法には目覚ましい発展があり、通常のスピネコー法と心電図同期法との併用にて心筋壁と心内腔を明瞭に区別して描出する事が可能となった。これにより心筋症や先天性心疾患の形態的診断は遥かに向上した。また、高速撮像法でグラディエントエコー法の開発により短時間に撮像が行ない得るというだけでなく、心臓領域においては心電図同期法を用いることで一心拍内のdynamicな動きを捉える事ができ、機能診断の手法としての利用価値が出てきた。このシーケンスを用いて撮像すると、逆流によりスピンの位相のずれを生じる場所では周囲の正常な血流に比して信号強度は減弱する。これによりシネ画像として動的な機能評価を行ない得る可能性がある。とくに心臓弁膜疾患については造影剤を用いる事なく弁逆流性疾患やシャント疾患に有用性が高いと思われる。

しかし、得られた画像の読影評価にあたっては未だに逆流度の評価などに対して特に定まった基準が与えられていないのが現状である。たとえ画像が明瞭に得られたにしても、疾患の診断情報として評価するには問題がある。この事から、画像をある程度客観的に評価する画像解析システムの必要性が問われるべきであろう。

われわれは心血流の状態を捉えたMR画像からその診断情報としての弁逆流を評価する手法を用いている。画像解析システムとしてはパーソナルコンピュータを本体とした簡易型処理システムによって実現している。このシステム上でMR画像を取り込み、関心領域に絞って画像評価するための処理過程を経る。処理された後、診断情報として逆流の到達距離や面積を求める事が自動的に可能となり、より客観性の高い診断情報となる。

こうして求められた逆流のパラメーターは従来からの診断知識に問い合わせられ、自覚症状や他覚症状その他の検査所見などの臨床情報を参照する事により、更に重症度の評価などをも行ない得る。

コンピューターは人工知能や知識情報処理分野においても目覚ましい発展を遂げつつあり、われわれの知識に基づいた診断・思考・推論などをコンピューターで実行させる事が可能となっている。

平均R-R間隔の75~80%を13~16分割したシネモード画像を撮像する。

図6は症例患者のシネMRIである。左心室から僧帽弁を通過して左心房に向かう僧帽弁逆流が無信号領域として描出されている。図4は逆流領域の境界を求めているところである。求める領域をマウスで指示している。図5で境界を求めて表示したところである。示した画像の弁逆流最大到達距離は2.8cm、無信号領域の面積は4.5cm²であった。この症例の重症度はII度と判定された。

続いてSTAGE法による症例を呈示する。症例は74歳男性で中等度の大動脈弁狭窄兼逆流に軽度の僧帽弁逆流を伴っている。大動脈弁、僧帽弁逆流は、心エコーおよび心血管造影で、また、大動脈弁狭窄は心音図、心エコーでそれぞれ確認されている。

上記患者のMRI撮像シーケンスである。

使用装置：1.0T超伝導MRI（島津製SMT-100）

1. 撮像方法：spin echo法（SE法）

撮像パルス系列：

心拍数に依存したTRでTEは25ms

撮像断面：横断像および冠状断像

2. 撮像方法：

Small Tip Angle Gradient Echo法（STAGE法）

撮像パルス系列：心電図同期による心拍数に

依存したTR，TE14ms。

flip angle 30°

マトリックス：128X128 加算回数：8回

平均R-R間隔の75~80%を13~16分割した

シネモード画像を撮像する。

図7はこの症例におけるシネMRIで、右上が心電図R波より92ms後の収縮期の像である。ここで逆流領域が最大であるので

図8は逆流領域を囲んだものである。弁逆流最大到達距離は3.6cm、無信号領域の面積は4.4cm²であった。この症例の重症度もII度と判定された。

以上であるが、これでは会長から与えられた演題の答にあまりなっていないようである。MRIによる弁膜症への適応意義については既に心ドプラーエコーやシネアンギオとの相関が非常に良いことが明らかにされており、診断、重症度判定、経過観察等には大変良い方法であることは明らかである。ただ、心臓外科医と患者との間には長い間密接な関係が保たれている例が多いため、必ずしも客観的評価を必要とせず、最も簡便な聴診と、それを証明する手軽なエコーさえあれば十分だ、シネアンギオなど既に不要であると言い切る心臓外科専門医も少なくない。また、MRIが如何に普及したとはいえ、未だ限られた病院、限られた症例にしか適応できていないことも事実である。まあ時代が変われば自ずと答も変わってくるものと思われる。

医用画像の診断機器の発達及びそれらを用いて映し出された画像の多様化にともない画像診断において要求される医学知識も増大し各専門医にとっても非常に負担となりつつある。このような問題を解決するためにも心臓に対するMR画像解析システムは一つの解決法であろうと思われる。

図1に我々の画像解析システムの概要を提示する。フィルムから収集された画像データは本体を通して光磁気ディスク上に保管される。必要に応じて本体を経由してグラフィックス・ディスプレイ2上に画像を出力する。画像は一括表示も動画表示も可能である。もう一方のディスプレイ1上では医学知識ベースの構築とその運用を行なう。

図2は一心拍での一括表示である。拡張末期から収縮末期にかけて逆流領域が拡大していったのが明らかであろう。これらのMR画像をTVカメラで収集し、それをデジタル化し、いったんハードディスク上に画像データベースとして登録する。次いで登録された画像を読み込んできて、画像処理、画像解析を行なう。画像はグラフィッ

クスプロセサーボードにより一括表示や動画表示が可能である。そのあと、人工知能による診断支援を行なう。

シネMR画像によって捉えられる逆流領域を検出するために、濃度ヒストグラムに対してしきい値処理を行なうことにより、逆流領域の輪郭を設定する。

図3に示すように平均値 u_1 と標準偏差 d_1 を持つ対象物と、平均値 u_2 と標準偏差 d_2 を持つバックグラウンドに分けると、そのS/N比は、

$$S/N = |u_1 - u_2| / (d_1 + d_2)$$

となる。

これにより最大のS/N比を与える濃度値をしきい値として設定する。

図4は境界を求める過程である。画像をしきい値にて黒と白の2値化し、求める領域をマウスで指示する。

図5は境界を求めて表示したところである。

続いて症例を呈する。症例1は13歳の女性で先天性僧帽弁狭窄兼閉鎖不全症と診断され、1歳半のとき弁切開弁形成術を施行されたが、逆流は残している。

以下はこの患者のMRI撮像シーケンスである。

使用装置：0.5T超伝導MRI（横河製RESONA）

1. 撮像方法：spin echo 法（SE法）

撮像パルス系列：

心拍数に依存したTRでTEは25ms

撮像断面：横断像および冠状断像

2. 撮像方法：gradient field echo 法（GRASS法）

撮像パルス系列：心電図同期による心拍数に

依存したTR，TE 20ms。

flip angle 20°

マトリックス：192X256 加算回数：4回

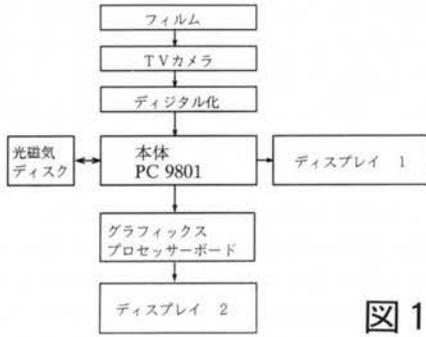


図 1

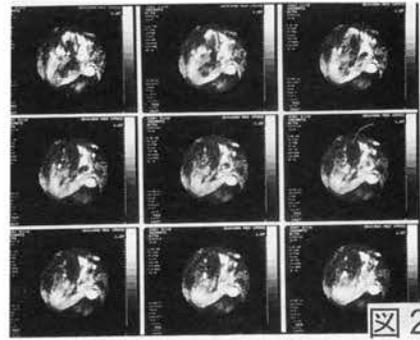
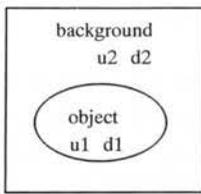
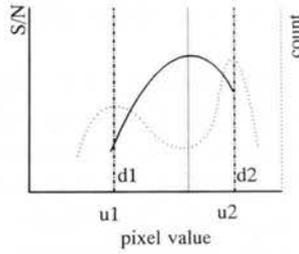


図 2



(a)



(b)

図 3

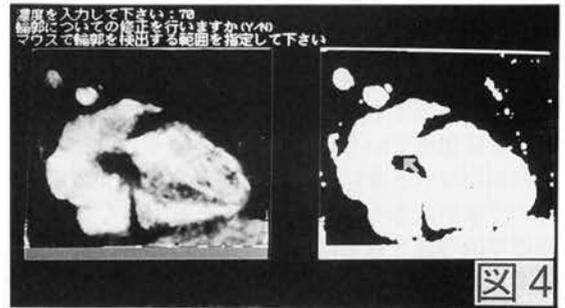


図 4

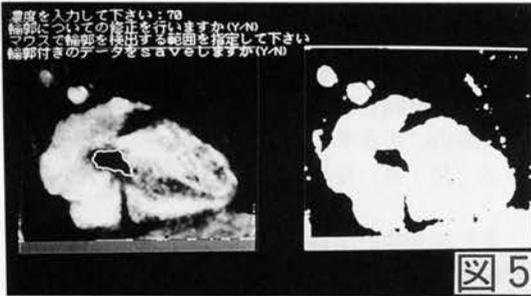


図 5

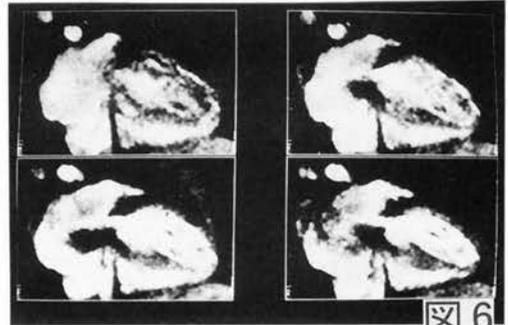


図 6

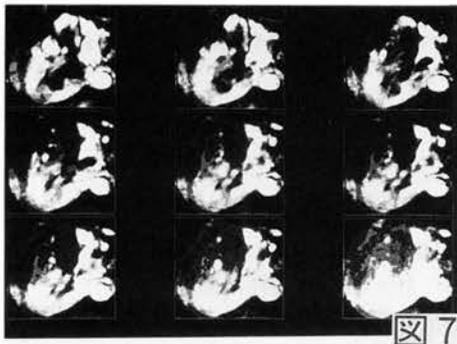


図 7

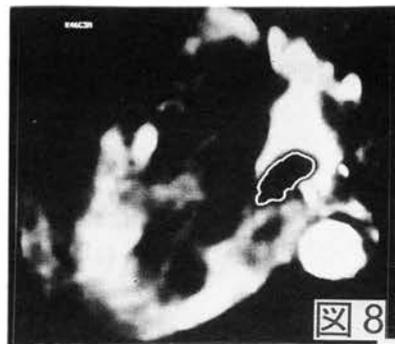


図 8

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619