

シネ MRI tagging 法による心筋梗塞症後の 心室壁運動の評価

鎌田 弘之¹, 小笠原善朗¹, 吉岡 邦浩², 桂川 茂彦²,
高橋 恒男², 山口弘次郎⁴, 千葉 誠³, 中居賢司³,
平盛 勝彦³

¹せいてつ記念病院内科
³岩手医科大学第二内科

²岩手医科大学放射線科
⁴東芝那須工場

はじめに

循環器領域での MRI はコントラスト分解能が高く、観察できる範囲が広いことから先天性心疾患や解離性大動脈瘤の診断に有用とされている^{1),2)}。またシネ MRI などの高速撮像法の開発により心室壁運動の評価や左室駆出率の算出も可能となった^{3),4)}。しかし MRI による心機能評価は従来からの検査法を補完するといった程度の意味しかもたず、MRI だけが提供できる情報とはいえない。これに対してシネ MRI tagging 法は presaturation pulse を利用して心室壁に印 (tag) を付けることにより、今まで評価が困難であった心室壁の収縮に伴う空間的ねじれ等の観察が可能となった。今回は、心筋梗塞症患者を対象にシネ MRI tagging 法を施行し、局所心室壁運動の評価に際してシネ MRI tagging 法の有用性を検討した。

対 象

対象は前壁心筋梗塞症 8 名 (男性 8 名, 年齢

54~71 歳, 平均 60.3 歳) および器質的心疾患を認めない正常人ボランティア 16 名 (男性 13 名, 女性 3 名, 年齢 22~77 歳, 平均 40.1 歳) である。

方 法

装置には東芝社製 MRT-50A (静磁場強度 0.5T) を用い、chain oblique を用いた四腔断面および左室短軸 (心基部, 心尖部) を撮像した。心室壁断面に心電図の R 波に同期した 180° radio frequency パルスを用いて presaturate することで 3~5mm 幅の線状の tag を印加した。四腔断面で左心室に 3 本 (心基部, 心室中央部, 心尖部), 左室短軸では左室腔中心を軸として車軸状に 4 本の tag を設定した。シネ MRI には gradient echo 法, flow compensation (rephasing) のパルス系列を用いた。Flip angle 30°, TR 50ms, TE 22ms, マトリックス 128×256, 加算回数 4 回, スライス厚 10mm で、心電図による prospective gating で single slice multiphase 法により各心位相の画像を得た。得られた画像より心臓の収縮に伴う tag の移動を追跡し、

キーワード cine-MRI, tagging method, myocardial infarction

Table 1. Comparison of the wall movement in left ventriculography and the tag's movement in cine-MRI tagging method

Case No.	Disease	LVG		Cine-MRI tagging
		Anterior wall movement	EF(%)	Abnormal tag's movement in 4-chamber view
1	Ant-MI	akinesis	54.1	
2	Ant-MI	akinesis	62.8	endomyocardial tag of apex of the IVS
3	Ant-MI	dyskinetic	29.1	
4	Ant-MI	akinesis	50.4	
5	Ant-MI	dyskinetic	39.3	
6	Ant-MI	akinesis	36.9	
7	Ant-MI	hypokinesis	47.8	epicardial tag of apex of the LV free wall
8	Ant-MI	akinesis	36.9	

(LVG, left ventriculography ; Ant-MI, anterior myocardial infarction ; LV, left ventricle ; IVS, interventricular septum)

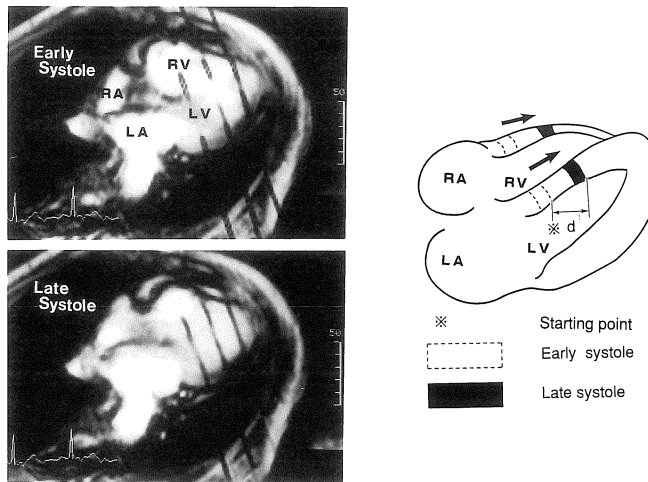


Fig.1. 4-chamber view of cine-MRI tagging method in a normal subject. All tags moved toward the apex of the heart. (LA, left atrium ; RA, right atrium ; RV, right ventricle)

四腔断面では tag の移動距離 (d) を (Fig.1), 短軸断面においては収縮早期の tag を基準にした tag の移動角度を測定した (Fig.2).

結 果

1) 四腔断面

正常者では, 心基部, 心室中央部, 心尖部のいずれの tag も収縮に伴い心基部から心尖部に向い移動した. 心筋梗塞症の 8 例中 2 症例で tag の動きの方向に異常を認めた. その内訳は心尖部心室中隔側の心内膜側 tag の運動に異常を

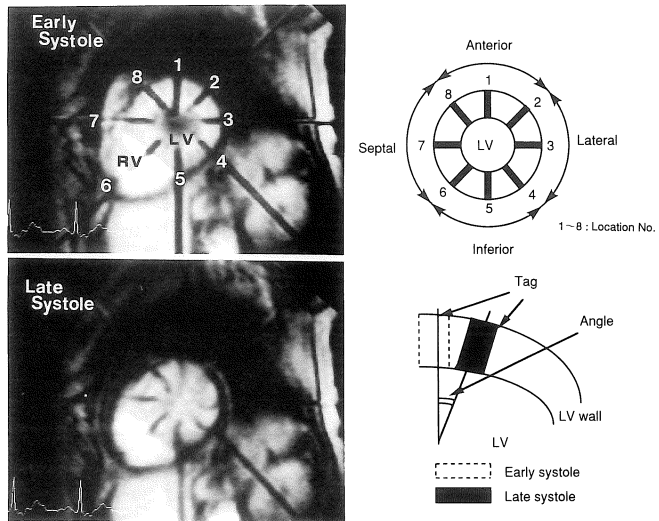


Fig.2. Short axis view of cine-MRI tagging method at the base of the heart in a normal subject.

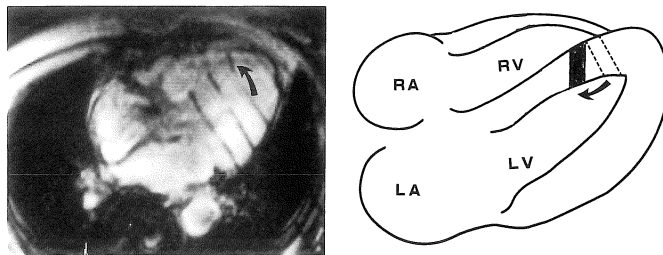


Fig.3. 4-chamber view of Case 2 (See Table 1).
The endomyocardial tag moved towards the base of the heart (arrow).

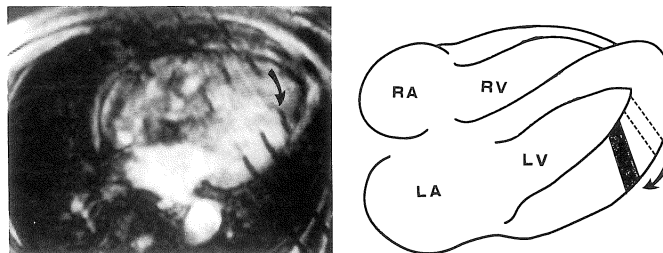


Fig.4. 4-chamber view of Case 7 (See Table 1).
The epicardial tag moved towards the base of the heart (arrow).

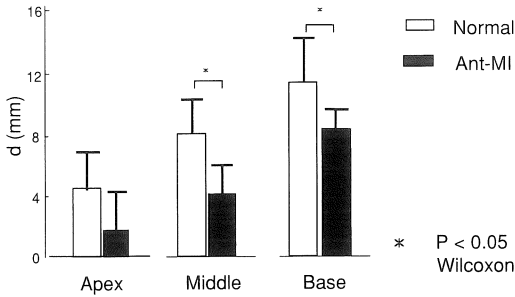


Fig.5. Comparison of distance of longitudinal movement of the left ventricular free wall.

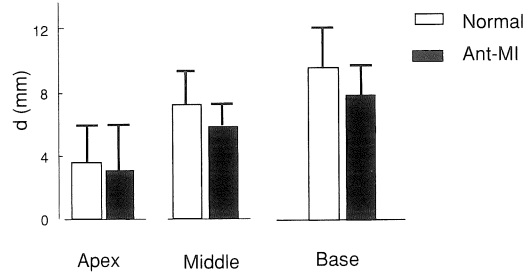


Fig.6. Comparison of distance of longitudinal movement of the interventricular septum.

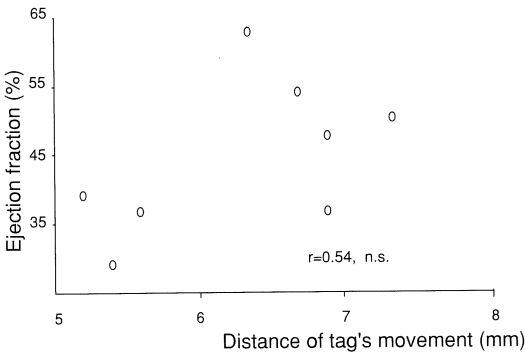


Fig.7. Comparison of distance of longitudinal movement of the left ventricular free wall and ejection fraction in anterior myocardial infarction.

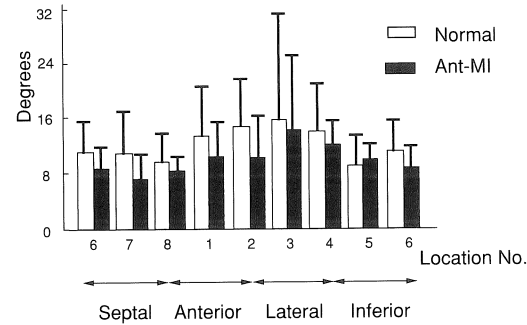


Fig.8. Comparison of tag's maximal angle at the base of the heart. The location No. are depicted in Fig.2.

認めた1例, および心尖部自由壁よりの心外膜側に異常を認めた1例である (Fig.3, 4). 正常者での tag の移動距離は心基部, 心室中央部, 心尖部の順に大きく, 心筋梗塞症での tag の移動距離は, それぞれの部位で正常に比べ小さかった (Fig. 5, 6). 自由壁側の tag の平均移動距離と左室造影法から求めた左室駆出率を比較したところ両者に正の傾向が認められた (Fig.7).

2) 左室短軸面

正常者での tag は収縮に伴ってねじれを伴う運動をした. 心筋梗塞症では心基部前壁で tag の移動角度は小さかった (Fig.8). 心尖部の tag の移動角度は一定の傾向を示なかった.

考 案

心室壁は収縮に伴いねじれを伴い三次元的に動いている. 従来, 心室壁運動の評価法として, 左室造影法, X線CT, RIアンジオ法, 心エコー図法などが用いられてきた. しかし, 左室造影法, X線CT, RIアンジオ法による心室壁運動所見は, 心内腔の変化より見た間接的な評価である. また心エコー図法は心室壁の二次元的観察には優れてはいるが, 空間的ねじれを伴う三次元での評価は難しい. 近年, MRI法による面内 presaturation pulse法を応用した心筋 tagging法が開発され, これにシネMRIを組み合わせるにより, 心室壁局所動態の観察が可能となった. 本法では収縮に伴う特定部位の

心室壁の長軸方向の運動や、空間的ねじれの評価が可能となり、これから3次元的な心室運動の把握が可能となった。このような情報は現在のところ本法だけが提供できると思われるが、臨床的に用いた報告は少ない。そこで今回は心筋梗塞症患者に本法を施行し、シネMRI tagging法による心室壁運動評価の有用性とその問題点を検討した。本法を壁運動の評価に用いる際に最も重要な点はtagの設定方法であると思われる。この点に関して今回はすでに正常人について報告されている方法を用いた⁵⁾。これは四腔断面では左心室長軸に垂直に、短軸断面では車軸状に複数のtagを印加する設定方法である。この設定では四腔断面で心室の長軸方向の移動が、短軸断面で心室壁の空間的ねじれが複数の部位で観察可能である。心電図のR波に同期させ複数のpresaturation pulseをそれぞれ数十msずつずらして照射することでtagを印加する。しかしこれには数十msの時間を要し、この間の画像収集は出来ないため収縮早期における心室壁の移動の評価ができない。またtagの印加が同時ではないのでtagとtagの間で相対的に移動評価する際、誤差が生じる危険があることが問題点になる。今後本法を心筋壁運動の評価に用いる際には観察の対象とする心室壁部位や観察したい心室壁運動の性質を考慮し、その目的に合ったtagの設定方法を検討する必要があると思われる。

Zerhouniらはスピネコー法でtagging法を用い、心室の長軸方向の移動は心基部から心尖部に向かう移動であり、その移動距離は、心基部、心室中央部、心尖部の順に大きいと報告している⁵⁾。今回、正常者の四腔断面像でtagはすべて心基部から心尖部へ向かう運動を示したが、心筋梗塞症では心尖部のtagが異常な方向へ移動した症例が認められた。異常な運動を示した症例の左室造影法での左室壁運動はdyskineticを示さず、逆にdyskineticを示した症例のtagの移動方向は正常と変わりなかった。このようにtagが異常な移動を示す事の意義については

不明であるが、シネMRI tagging法を用いることで従来の検査法では評価ができなかった局所心室壁の移動の方向および量の評価が可能であると思われる。

心室の空間的なねじれは古くから指摘されているにもかかわらず、非侵襲的な評価法がないため心疾患との関係は明らかではなかった⁶⁾。安野らはtagging法を用いて正常者の空間的ねじれの回転角度を測定し、その結果心基部では半時計方向と時計方向の両方向の回転を、心尖部において半時計方向の回転を認めたと報告している⁷⁾。心筋梗塞症での空間的ねじれについての検討は報告されていないが、空間的ねじれは心室壁の収縮に伴い生じるので心筋梗塞症により減少するものと考えられる。しかし今回の検討では心筋梗塞症患者と正常者で空間的ねじれの差を認めることができなかった。すなわち心筋viabilityの評価は梗塞部位の空間的ねじれからだけでは困難で、今後は収縮に伴う心室壁の壁厚増加も⁸⁾も考慮にいれた解析が必要であると思われる。空間的ねじれの生理的意義については心筋サルコメアの均一な収縮による心筋ストレスの緩和および左室の拡張能に関係しているとの報告があり⁹⁾⁻¹¹⁾、今後本法を用いて心室壁の空間的ねじれと心筋コンプライアンス等の関係の検討が望まれる。

ま と め

- 1) シネ-MRI tagging法を用いて心筋梗塞症後の心室壁運動を左室長軸方向から評価できた。
- 2) 心室壁運動の空間的ねじれの定量的評価が可能であったが、梗塞心筋の正常の空間的ねじれには有意の差を認めなかった。
- 3) 本法を壁運動評価法として用いるためにはtagの設定方法の検討が必要と思われた。

文 献

- 1) Didier D, Higgins CB, Fisher MR, Osaki L, Silverman NH, Cheitlin MD : Congenital heart

- disease : Gated MR imaging in 72 patients. *Radiology*, 158 : 227-235, 1986.
- 2) Geisinger MA, Risius B, O'Donnell JA, et al. : Thoracic aortic dissections : Magnetic resonance imaging. *Radiology*, 155 : 407-12, 1985.
 - 3) Meese RB, Spritzer CE, Negro-Vilar R, Bashore T, Herfkens R. J : Detection, characterization and functional assessment of reperfused Q-wave acute myocardial infarction by cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*, 66 : 1-9, 1990.
 - 4) Pflugfelder PW, Sechtem UP, White RD, Higgins CB : Quantification of regional myocardial function by rapid cine MR imaging. *Am J Roentgenol*, 150 : 523-529, 1988.
 - 5) Zerhouni EA, Parish DM, Rogers WJ, Yang A, Shapiro EP : Human heart : Tagging with MR imaging—a method for noninvasive assessment of myocardial motion. *Radiology*, 169 : 59-63, 1988.
 - 6) Streeter, DD, Spotnitz HM, Patel DP, Ross J, Sonnenblick EH : Fiber orientation in the canine left ventricle during diastole and systole. *Circ Res*, 24 : 339-347, 1969.
 - 7) 安野直子, 安野泰史, 近藤 武, 他 : 心臓 tagging 法を用いたシネ-MRI による心臓動態の検討. *日磁会誌*, 12 : 71-75, 1992.
 - 8) Akins EW, Hill JA, Sievers KW, Conti CR : Assessment of ventricular wall thickness in healed myocardial infarction by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*, 59 : 24-28, 1987.
 - 9) Ingels NB, Hansen DE, Daughters GT, Stinson EB, Alderman EL, Miller DC : Relation between longitudinal circumferential, and oblique shortening and torsional deformation in the left ventricle of the transplanted human heart. *Circ Res*, 29 : 915-927, 1989.
 - 10) Hunter WC, Guccione JM, Rodriguez EK, Arts T : Ventricular torsion allows sarcomeres at transmural sites to shorten by similar amounts during ejection. *Heart Vessels Suppl*, 8 : 31 (Abstr). 1992.
 - 11) Rademarkers FE, Buchalter MB, Rogers WJ et al. : Dissociation between left ventricular untwisting and filling accentuation by catecholamines. *Circulation*, 85 : 1572-1581, 1992.

Evaluation of Left Ventricular Wall Motion of Infarcted Myocardium by Cine-MRI Tagging Method

Hiroyuki KAMATA¹, Yoshiro OGASAWARA¹, Kunihiro YOSHIOKA²,
Shigehiko KATSURAGAWA², Tuneo TAKAHASHI², Koujiro YAMAGUTI⁴,
Kennji NAKAI³, Makoto CHIBA³, Katsuhiko HIRAMORI³

¹*Department of Internal Medicine, Seitetsu Memorial Hospital
4-3-7 Kosano Kamaishi, Iwate 026*

²*Department of Radiology,*

³*Second Department of Internal Medicine, Iwate Medical University, School of Medicine*

⁴*Toshiba Nasu Works*

Cine-MRI tagging is a new technique for placing a tag on any portion of the myocardium which can be followed during cardiac contraction. This study evaluated whether cine-MRI tagging could assess spatial cardiac wall motion in patients with myocardial infarction. Three linear tags that were perpendicular to the long axis of the left ventricle were set up in the 4-chamber view, and four equiangular radial tags were applied in the short-axis view. In 4-chamber view, some tags on the infarcted regions moved abnormally. In myocardial infarction patients, longitudinal movement of the left ventricular wall and the angle of torsional deformation were decreased. By employing cine-MRI tagging, we could noninvasively evaluate left ventricular spatial wall motion along the long axis and the extent of torsional deformation. Cine-MRI tagging provided an excellent assessment of left ventricular spatial wall motion.