

## 冠状動脈バイパスグラフトの MR angiography

吉岡邦浩<sup>1</sup>, 鎌田弘之<sup>2</sup>, 広瀬敦男<sup>1</sup><sup>1</sup>岩手医科大学放射線科 <sup>2</sup>同 第2内科

## はじめに

冠状動脈バイパスグラフト (coronary artery bypass graft, CABG) 術は虚血性心疾患の外科的治療法として現在多くの症例で施行されているが, そのバイパスグラフトの開存性の評価は術後患者の経過観察のうえできわめて重要である. その評価には血管造影法が通常用いられるが, 侵襲的な検査法であることや検査に伴う危険性も無視はできないことから, 非侵襲的な検査法の確立が望まれている.

一方, 近年急速に発展した MR angiography (MRA) は心臓・大血管領域においても非侵襲的な検査法として臨床応用されつつある. われわれは, CABG の MRA による描出も技術的に可能であることをさきに報告したが<sup>1)</sup>, 今回は技術的な面から臨床的な面に視点を移し, その有用性や限界および他の非侵襲的な検査法との比較について検討したので報告する.

## 対象と方法

対象とした症例は CABG 術後 1 か月以内の 50 例 (男性 35 例, 女性 15 例, 41~78 歳, 平均 59.8 歳) で, 全バイパス数は 108 本. その内訳は内胸動脈グラフト (internal mammary

artery graft, IMAG) が 57 本 (左側 41 本, 右側 16 本), saphenous vein graft (SVG) が 51 本である. 全ての症例で MRA の前後 3 週間以内にカテーテル法による選択的グラフト造影が施行されている. なお, 胸骨ワイヤーには非磁性体のチタン製のものを用いた.

使用した装置は, GE 製 Signa-advantage (1.5 T) で, 撮像には肩用の表面コイルを使用した. MRA の撮像には高速シネ MRI のソフトである FASTCARD を用いた. その pulse sequence は flow compensation を付加した fast-SPGR (TR=12.4 ms, TE=5.1 ms, FA=40°) 法で, FOV=30 cm, matrix=256×256 (長方形 FOV), slice 厚=5 mm である. これにより, 16 心拍で 4-6 時相のシネ画像を吸気下の呼吸停止により得た. 撮像面はグラフトが含まれる体軸横断面とし, 呼吸停止の繰り返しにより 10~15 slice の連続撮影を行った. 得られた各断面のシネ画像のなかから収縮中期の画像を抽出してこれらを MRA の元画像とし, reformat と multiplanar reconstruction (MPR) によりグラフトを描出した<sup>1)</sup> (Fig. 1).

以上の方法によって得られた MRA によるグラフトの開存性の評価を, グラフト造影を gold standard として検討した. 読影は MRA, グラフト造影ともに 2 名以上の放射線科医と循環器内科医で行った. 診断は MRA, グラフト造影の順番で行い, MRA の読影の際にはグ

キーワード heart, coronary artery, bypass graft, MRA

1995年度日本磁気共鳴医学会国際飛躍賞受賞論文

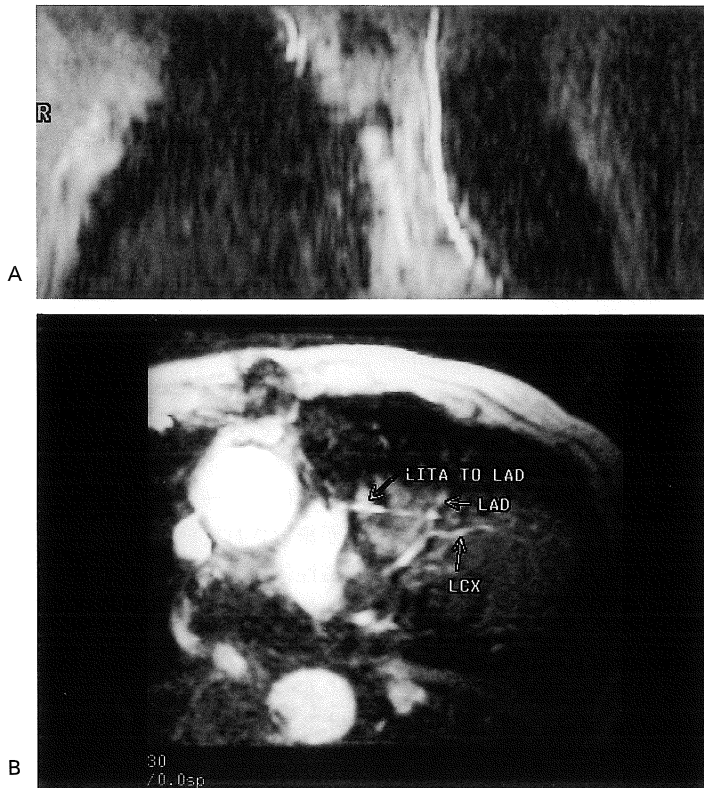


Fig. 1. Left internal mammary artery bypass graft (IMAG) to left anterior descending artery (LAD).  
A. Reformatted oblique coronal image shows proximal portion of IMAG.  
B. Reformatted oblique axial image shows distal portion of IMAG.  
LITA=left internal thoracic artery=left internal mammary artery.  
LCX=left circumflex branch.

ラフト造影の情報無しに開存性の評価を行った。判定は読影者間の合議により行い、判定が微妙な症例については読影者を増やすか、新たな読影者を募って判定した。

## 結 果

全ての症例で良好な画像が得られ、目的とするグラフトも明瞭に描出された。しかし、グラフトと冠状動脈との吻合部が鮮明に描出された

ものは108本中22本(20%)にとどまった。

### 1) IMAG (57本) における結果 (Table 1)

グラフト造影では53本の開存と4本の閉塞が確認された。MRAでも、53本のグラフトの開存と4本の閉塞が認められた (sensitivity=100%, specificity=100%)。開存としたグラフトのうちの1本に動脈解離による狭窄が見られたが、MRAでは原因の特定はできなかったが狭窄の描出は可能であった。

### 2) SVG (51本) における結果 (Table 1)

1996年11月21日受理 1996年12月19日改訂

別刷請求先 〒020 岩手県盛岡市内丸19-1 岩手医科大学医学部放射線科 吉岡邦浩

CABG の MRA

Table 1. Results

IMAG			SVG			All grafts		
Angio. MRA	Patent	Occlusion	Angio. MRA	Patent	Occlusion	Angio. MRA	Patent	Occlusion
Patent	53*	0	Patent	37*	2	Patent	90*	2
Occlusion	0	4	Occlusion	2	10	Occlusion	2	14

\* including 1 stenosis  
sensitivity=100%  
specificity=100%

\* including 4 stenoses  
sensitivity=95%  
specificity=83%

\* including 5 stenoses  
sensitivity=98%  
specificity=88%

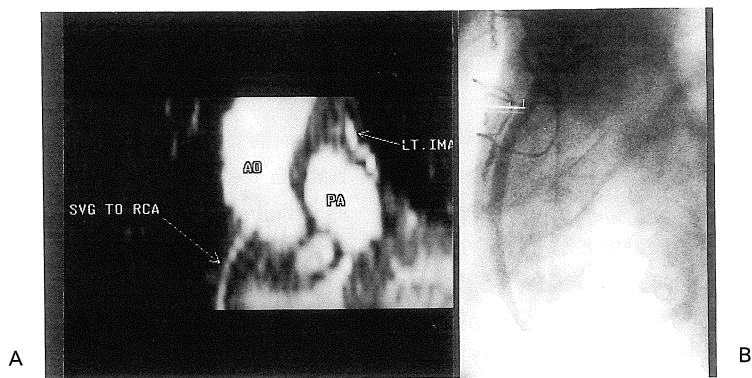


Fig. 2. Patent saphenous vein graft (SVG) to right coronary artery (RCA).

A. Reformatted oblique image shows SVG to RCA. AO=aorta, PA=pulmonary artery.

B. Conventional angiography of SVG.

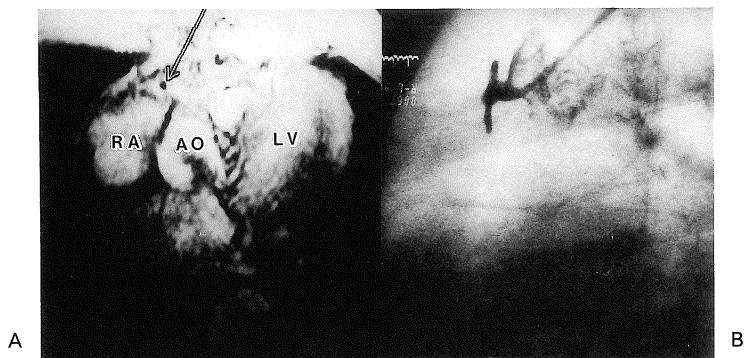


Fig. 3. Occluded saphenous vein graft (SVG) to right coronary artery.

A. Axial image shows occluded SVG (arrow). AO=aorta, LV=left ventricle, RA=right atrium

B. Conventional angiography of SVG.

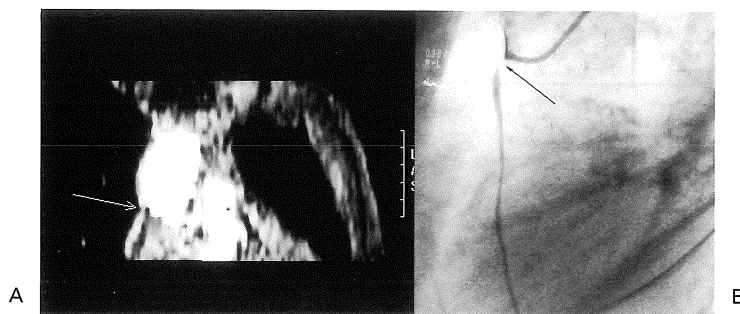


Fig. 4. Patent saphenous vein graft (SVG) to right coronary artery with stenosis.

A. Reformatted oblique coronal image shows graft stenosis at proximal portion of the SVG (arrow).

B. Conventional angiography also shows the stenosis (arrow).

グラフト造影では 39 本の開存と 12 本の閉塞が確認された。MRA では、39 本を開存 (Fig. 2)、12 本を閉塞 (Fig. 3) と判断したが、false positive と false negative がそれぞれ 2 本存在した (sensitivity=95%, specificity=83%)。開存としたグラフトのうち 4 本に狭窄が見られたが、MRA でも 4 本ともに狭窄を同定できた (Fig. 4)。

### 3) 全てのグラフトでの結果 (Table 1)

108 本の全てのグラフトについての sensitivity は 98%, specificity は 88% であった。

## 考 察

CABG の開存性の評価を非侵襲的な方法で行おうとする試みは従来より CT や MRI を用いてなされている。虚血性心疾患で CABG が施行された患者は、術前の冠状動脈造影や手術など数々の侵襲を受けており、術後にグラフトの開存性の評価のための血管造影を施行することはさらに苦痛を強いることとなる。このことから、非侵襲的で正確な評価が可能な検査法の確立が望まれている。また、外来でも施行可能であれば長期間にわたる経過観察にもきわめて有用と考えられる。

CT での評価で比較的多くのグラフトにつ

いて検討されたものとしては、Daniel ら<sup>2)</sup> と Kahl ら<sup>3)</sup> の報告があるが、sensitivity と specificity はそれぞれ 91%, 88% および 82%, 69% であったとされている。なお、これらの報告には IMAG についての記載は無く、SVG についての成績と思われる。現在は SVG よりも遠隔期での開存性に優れる IMAG が使用される傾向にあるが、SVG の径は 3~6 mm であるのに対し IMAG の径は 2~4 mm と細いためこれらの成績を IMAG でも得られるとは考えにくい。また、CT の欠点としてはスキャン時間が長いことによる拍動によるアーチファクトが混入しやすい点や、比較的が多量の造影剤の使用が必要な点、胸骨ワイヤーからのアーチファクトの混入で画質が劣化する点などがあげられ<sup>4)</sup>、一般的に使用するにいたっていない。

超高速 CT を用いた評価で比較的多くのグラフトについて検討されたものとしては、127 本 (うち IMAG が 11 本) のグラフトについて述べた Stanford らの報告<sup>5)</sup> と 80 本のグラフトを検討した Bateman らの報告<sup>6)</sup> がある。これらの sensitivity と specificity はそれぞれ、93% と 89% および 96% と 97% であり、良好な成績が示されている。しかし、これらでも対象とされた IMAG が少数であり、主に SVG における成績と考えられる。また、これらは体

格的に縦隔の脂肪に富む欧米人での成績であり、この報告を日本人に適応することは妥当とは言い難い。現に浜田らは21本のIMAGについて検討しそのsensitivityを66.7%と報告している<sup>7)</sup>。一方、我々が試みたMRAでは、表面コイルを前胸壁に置いて撮像しているのがIMAGとコイルが近接し、その信号を補足し易い利点がある。このためIMAGについてはsensitivity, specificityともに100%と良好な結果が得られたと思われる。

MRIでの評価で比較的に多数のグラフトについて検討されたものでは、スピンエコー法を用いたWhiteらの報告<sup>8)</sup>とシネMRIを用いて検討したAurigemmaらの報告<sup>9)</sup>がある。これらのsensitivityとspecificityはそれぞれ、91%と72%, 88%と100%であり、シネMRIで良好な結果が示されている。しかし、これは1断面での評価でありグラフトを長い範囲で観察することや、グラフト狭窄を描出できない欠点がある。狭窄の描出が不可能なことはCTや超高速CTおよびスピンエコーを用いたMRIでも同様である。この点に関しても狭窄病変の描出が可能なMRAの有用性が高いと思われる。

グラフト狭窄の評価が可能な非侵襲的検査法としてらせんCTを用いた方法が報告されている<sup>10)</sup>。これはらせんCTで得られたボリュームデータからレンダリング法を用いて3次元画像を構築するもので、グラフトの走行を長い範囲にわたり立体的に描出されている。しかしグラフト狭窄については、3次元画像による直接的な描出ではなく、グラフト内腔の造影剤増強効果の遅延により判定されている。これは、レンダリング法で画像を構築する際には閾値処理が必要とされるが、増強効果の遅延があるとグラフトのCT値が設定閾値以下となり描出が困難なためと推察される。MRAは狭窄を直接的に描出可能である点でらせんCTに優ると思われる。

MRAの欠点としては、グラフトと冠状動脈

の吻合部の描出が必ずしも十分でない点と、複雑な走行をするグラフトは1画面上に描出できない点が上げられる<sup>1)</sup>。前者については、より高感度のコイルの使用や、より短時間で高空間分解能の画像が得られるようなハードとソフト両面での改善が必要と思われる。後者では、選択領域MIP (maximum intensity projection) 法やらせんCTで用いられているような3次元表現法を取り入れる等のさらなる工夫が必要と思われる。

## 結 語

108本のCABGに対しMRAを施行しその開存性の評価について血管造影をgold standardして検討した。その結果、sensitivityは98%, specificityは88%と従来の非侵襲的検査法と比較して良好な成績が得られた。本法は、今後増加が予測されるIMAGで特に成績がよい点と、グラフト狭窄を直接描出可能な点で有用性が高いと考えられた。

本研究の要旨は第81回北米放射線学会 (RSNA '95) で発表した。

本研究に多大なる御協力をいただいた本学第2内科の平盛勝彦教授、第3外科の川副浩平教授および両教室の諸先生方に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 吉岡邦浩, 鎌田弘之, 内山 尚, 他: 高速シネMRIを用いた冠状動脈バイパスグラフトのMR Angiography. 日磁医誌, 15: 50-54, 1995.
- 2) Daniel WG, Dohring W, Stender HS, Lichtlen PR: Value and limitations of computed tomography in assessing aortocoronary bypass patency. Circulation, 67: 983-987, 1983.
- 3) Kahl FR, Wolfman NT, Watts LE: Evaluation of aortocoronary bypass graft status by computed tomography. Am J Cardiol, 48: 304-310, 1981.

- 4) Stanford W, Galvin RG, Skorton DJ, Marcus M : The evaluation of coronary bypassgraft patency ; direct and in direct techniques other than coronary arteriography. *AJR*, 156 : 15-22, 1991.
- 5) Stanford W, Brundage BH, MacMillan R, et al. : Sensitivity and specificity of assessing coronary bypass graft with ultrafast computed tomography ; results of a multicenter study. *J Am Coll Cardiol*, 12 : 1-7, 1988.
- 6) Bateman TM, Gray RJ, Whiting JS, et al. : Prospective evaluation of ultrafast cardiac computed tomography for determination of coronary bypass graft patency. *Circulation*, 75 : 1018-1024, 1987.
- 7) 浜田星紀, 高宮 誠, 笹子佳門 : 超高速 CT を用いた冠動脈大動脈バイパスグラフト術後評価 ; IVDSA との比較. *画像医学誌*, 12 : 32-41, 1993.
- 8) White RD, Caputo GR, Mark AS, et al. : Coronary artery bypass graft patency ; noninvasive evaluation with MR imaging. *Radiology*, 164 : 681-686, 1987.
- 9) Aurigemma GP, Reichek N, Axel L, et al. : Noninvasive determination of coronary artery bypass graft patency by cine magnetic resonance imaging. *Circulation*, 80 : 1595-1602, 1989.
- 10) Tello R, Costello P, Ecker C, Hartnell G : Spiral CT evaluation of coronary artery bypass graft patency. *J Comput Assist Tomogr*, 17 : 253-259.

## MR Angiography of Coronary Artery Bypass Grafts

Kunihiro YOSHIOKA<sup>1</sup>, Hiroyuki KAMATA<sup>2</sup>, Atsuo HIROSE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology and* <sup>2</sup>*2nd Department of Internal Medicine,*  
*Iwate Medical University*  
*19-1 Uchimaru, Morioka, Iwate 020*

The purpose of this study is to assess the value of MR angiography in the evaluation of the patency of coronary artery bypass grafts (CABGs). Fifty consecutive patients with a total of 108 CABGs underwent breath-hold MR angiography and conventional arteriography. Fifty-seven of the CABGs were internal mammary artery grafts (IMAGs), and 51 were saphenous vein grafts (SVGs). With conventional arteriography used as the standard of reference, MR angiography was found to depict patency in all 53 IMAGs (sensitivity 100%) and 4 occluded IMAGs (specificity 100%), in 37 of 39 SVGs (sensitivity 95%) and occluded 10 of 12 SVGs (specificity 83%). The overall graft patency was 98% sensitivity and 88% specificity. Graft stenoses were also clearly demonstrated in 5 cases. This study suggests that MR angiography is a useful, noninvasive technique to evaluate the patency of CABGs.