



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 冠動脈MRアンジオグラフィーの臨床応用-通常冠動脈撮影との比較と検査時間短縮化の検討-   |
| Author(s)    | 似鳥, 俊明; 花岡, 秀人; 吉野, 綾子 他  |
| Citation     | 日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(9), p. 670-676  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/18318">https://hdl.handle.net/11094/18318</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 冠動脈MRアンジオグラフィーの臨床応用

## — 通常冠動脈撮影との比較と検査時間短縮化の検討 —

似鳥 俊明<sup>1)</sup> 花岡 秀人<sup>1)</sup> 吉野 綾子<sup>1)</sup> 富永 雅子<sup>1)</sup> 稲岡 祥幸<sup>1)</sup>  
 片瀬 七朗<sup>1)</sup> 原留 弘樹<sup>1)</sup> 蜂屋 順一<sup>1)</sup> 吉野 秀朗<sup>2)</sup> 石川 恭三<sup>2)</sup>

1) 杏林大学医学部放射線医学教室 2) 同第2内科学教室

### Clinical Application of Magnetic Resonance Angiography for Coronary Arteries : Correlation with Conventional Angiography and Evaluation of Imaging Time

Toshiaki Nitatori<sup>1)</sup>, Hideto Hanaoka<sup>1)</sup>, Ayako Yoshino<sup>1)</sup>, Masako Tominaga<sup>1)</sup>, Sayuki Inaoka<sup>1)</sup>, Shichiro Katase<sup>1)</sup>, Hiroki Haradome<sup>1)</sup>, Junichi Hachiya<sup>1)</sup>, Hideaki Yoshino<sup>2)</sup> and Kyozo Ishikawa<sup>2)</sup>

Magnetic resonance angiography (MRA) of the coronary arteries is a particularly difficult task because of the small size of the vessels and cardio-respiratory motion. The authors describe a method of performing of ultrafast MRA of the coronary arteries with a standard MR system and body coil. Each image was obtained within a single breath hold by "segmented Turbo FLASH" sequences using an electrocardiography gate. Clinical application was performed in 20 patients with ischemic heart disease, and a comparison was made with conventional coronary angiography. The imaging time was shortened significantly by our methods. The diagnosis was made by at least two different images to avoid false positives. The results indicated a good correlation between MRA and conventional angiography.

Research Code No. : 507.9

Key words : MR imaging, MR angiography, Fast scan, Coronary artery

Received Jan. 10, 1995 ; revision accepted Apr. 26, 1995

1) Department of Radiology, Kyorin University, School of Medicine  
 2) The 2nd Department of Internal Medicine, Kyorin University, School of Medicine

### はじめに

脳動脈, 下肢動脈をはじめとして, 多くの部位の血管病変の検査にMRアンジオグラフィー(以下MRA)が臨床に応用されているが, 冠動脈への臨床応用はまだその緒についたばかりである. 冠動脈のMRAはごく最近になって登場した心電図同期呼吸停止下撮像が可能な超高速スキャン法により実現したといえるが, 広く臨床応用するにはなお解決すべきいくつかの問題点がある. 最大の課題は検査時間の短縮と考えられる. 検査対象は心疾患をもつ患者である. また対象血管径が細く, 呼吸の変動に強い影響を受ける位置にあるため, 検査中の体動や呼吸の停止など患者協力は必須であり, 検査による疲労は画質の劣化に直結する. 他の検査にも増して可能な限り無駄のない撮像を行うべき所なのである. われわれは検査時間短縮を図り, 新たな工夫を加えた撮像法により, 虚血性心疾患患者を対象としたMRAを施行した. 通常冠動脈撮影との比較を行い, その臨床的意義と検査時間短縮の効果を考察する.

Table 1 The parameters used in the coronary MRA imagings

segmented Turbo-FLASH  
 (7-9 segments)  
 ECG gating  
 (diastolic period, 4-600msec after R wave)  
 TR; 119msec  
 TE; 7.9msec  
 flip angle 30°  
 matrix; 140×256  
 chemical shift-selective fat saturation pulse  
 slice thickness; 4-6mm  
 gradient field strength; 15mT/m

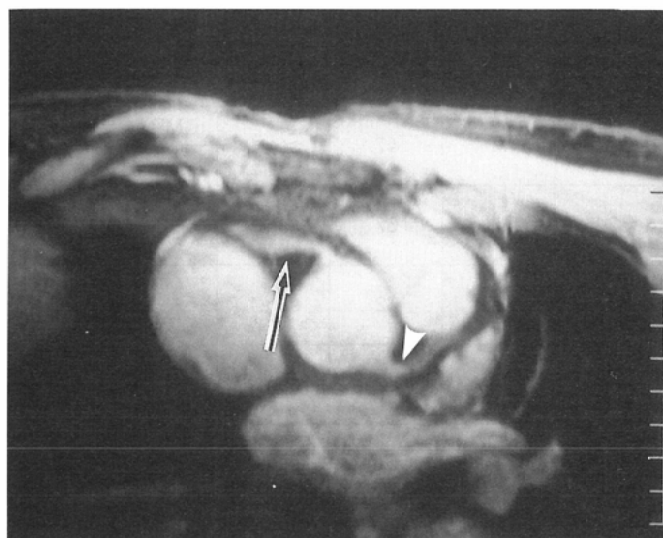
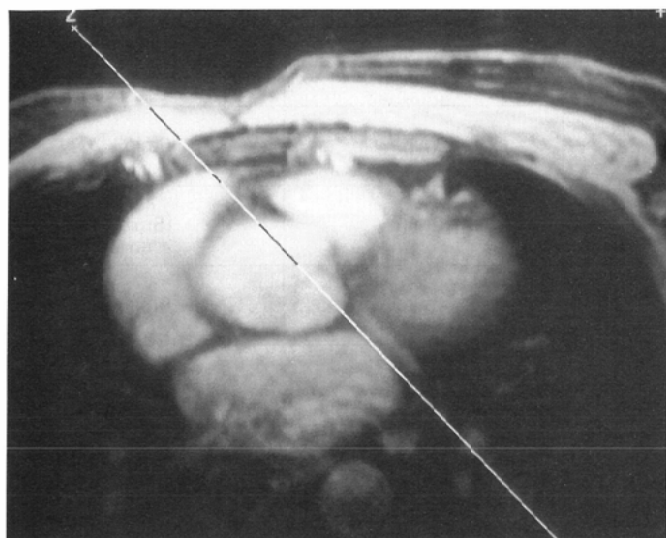
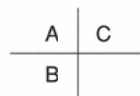


Fig.1 The methods to obtain right coronary MRA. The lines on the images shows the section planes designed for the subsequent images.  
 (A) Transverse MRI scan of aortic root. The first image of the study  
 (B) Oblique MRI scan obtained by Fig.1 (A)  
 (C) Proximal right coronary MRA (arrow) obtained following Fig.1 (B). Proximal left coronary artery (arrow head) is also demonstrated incidentally.



方 法

対象は虚血性心疾患をもつ20症例であり、全例MRIの前後に通常の冠動脈撮影も行われている入院患者である。使用装置はSiemens社製 1.5T Magnetom“Vision”で、撮像法はsegmented Turbo FLASH法を用いた。本法では心拍数により多少異なるが15秒前後で心電図同期撮像ができるため、呼吸停止下での撮像が可能となった。撮像姿勢は腹臥位で脊椎用の平坦型表面コイルを用いる。撮像sequenceの詳細はTable 1に記載した。

検査前に循環器内科より情報を得て、病変が考えられる左右冠動脈のいずれか一方のみを対象とした。

検査短縮化に主眼を置いた撮像法の概要を以下に記す。患者入室前にデータ入力を行い、撮像姿勢をとる時間の短縮化を図る。またlocalizerを含め全検査を、時間、空間分解能に優れたsegmented Turbo FLASHのみで撮像する。撮像断面の選択は合理的に行う。すなわち胸骨体下部(剣状突起直上部)を磁場中心に置き、その横断面をlocalizerとしてま

ず撮像する。上行大動脈横断面が得られるが、左右冠状溝のいずれかに合わせた傍冠状(矢状)断面を次に撮像する(Fig.1(A), (B))。冠動脈起始部が描出されたら走行に合わせて傍横断面を撮像し、右(左)冠動脈のseg.1(5)を得る(Fig.1(B), (C))。必要に応じて以上の過程を繰り返す。病変が疑われた部位は撮像面を前後に移動しての再撮像か、異なった角度からの再撮像を行い、病変の再現性を確認し、MIP(maximum intensity projection)や、その他の3次元画像処理は一切行わなかった。またモニター画像から検査中に診断をした。

右冠動脈はseg.1と2、左冠動脈はseg.5, 6, 11の描出を目標とし、撮像開始の時間から右冠動脈seg.1描出までの時間、左冠動脈seg.5描出までの時間、そして検査終了までの時間を測定した。

MRA検査中にそれぞれの血管の狭窄の有無を診断報告し、その前後に行われた通常冠動脈造影の結果と照合した。この際冠動脈造影ではAHA分類90%以上(実測75%以上)の狭窄を有所見とした。なお本検討はMRAと冠状動脈撮

Table 2 Correlation between MRA and CAG in study of right coronary artery and examination time of MRA

| case | sex | age | lesion |     | seg.1 | seg.2 | exam.time<br>for seg.i | whole<br>exam.time |
|------|-----|-----|--------|-----|-------|-------|------------------------|--------------------|
| 1    | M   | 47  | seg.1  | MRA | P     | N     | 2min.                  | 6min.              |
|      |     |     |        | CAG | P     | N     |                        |                    |
| 2    | M   | 67  | seg.1  | MRA | P     | N     | 12min.                 | 15min.             |
|      |     |     |        | CAG | P     | N     |                        |                    |
| 3    | M   | 62  | seg.1  | MRA | P     | N     | 4min.                  | 9min.              |
|      |     |     |        | CAG | P     | N     |                        |                    |
| 4    | M   | 52  | seg.2  | MRA | N     | N     | 7min.                  | 14min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | N     |                        |                    |
| 5    | M   | 52  | seg.2  | MRA | N     | P     | 9min.                  | 14min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     |                        |                    |

MRA;magnetic resonance angiography CAG; (conventional) coronary angiography N;negative. P;positive  
 seg.1:right coronary artery (proximal), seg.2:right coronary artery (mid)  
 seg.5:left main trunk, seg.6:left anterior ascending branch (proximal), seg.11:left circumflex branch (proximal)

Table 3 Correlation between MRA and CAG in study of left coronary artery and examination time of MRA

| case | sex | age | lesion |     | seg.5 | seg.6 | seg.11 | exam.time<br>for seg.5 | whole<br>exam.time |
|------|-----|-----|--------|-----|-------|-------|--------|------------------------|--------------------|
| 6    | M   | 67  | seg.5  | MRA | P     | N     | N      | 3min.                  | 5min.              |
|      |     |     |        | CAG | P     | N     | N      |                        |                    |
| 7    | M   | 56  | seg.6  | MRA | N     | N     | N      | 2min.                  | 8min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 8    | M   | 57  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 3min.                  | 8min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 9    | M   | 72  | seg.9  | MRA | N     | N     | N      | 3min.                  | 7min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | N     | N      |                        |                    |
| 10   | M   | 58  | seg.12 | MRA | N     | N     | N      | 3min.                  | 16min              |
|      |     |     |        | CAG | N     | N     | N      |                        |                    |
| 11   | M   | 63  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 2min.                  | 14min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 12   | M   | 65  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 4min.                  | 10min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 13   | M   | 56  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 3min.                  | 15min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 14   | F   | 53  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 2min.                  | 4min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 15   | M   | 68  | seg.5  | MRA | P     | N     | N      | 1min.                  | 18min.             |
|      |     |     |        | CAG | P     | N     | N      |                        |                    |
| 16   | F   | 78  | seg.6  | MRA | ?     | ?     | ?      | -                      | 5min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 17   | F   | 60  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 5min.                  | 12min.             |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 18   | M   | 66  | seg.6  | MRA | N     | N     | N      | 2min.                  | 6min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |
| 19   | M   | 76  | seg.12 | MRA | N     | N     | N      | 1min.                  | 9min.              |
|      |     |     |        | CAG | N     | N     | N      |                        |                    |
| 20   | M   | 60  | seg.6  | MRA | N     | P     | N      | 4min.                  | 13min..            |
|      |     |     |        | CAG | N     | P     | N      |                        |                    |



Fig.2 Normal right coronary MRA(arrow)



Fig.3 Normal left coronary MRA(arrow)

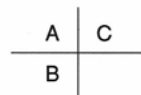
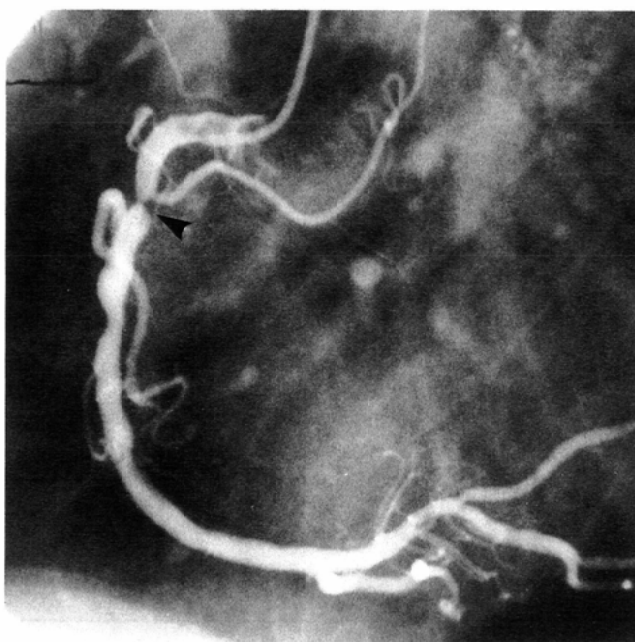
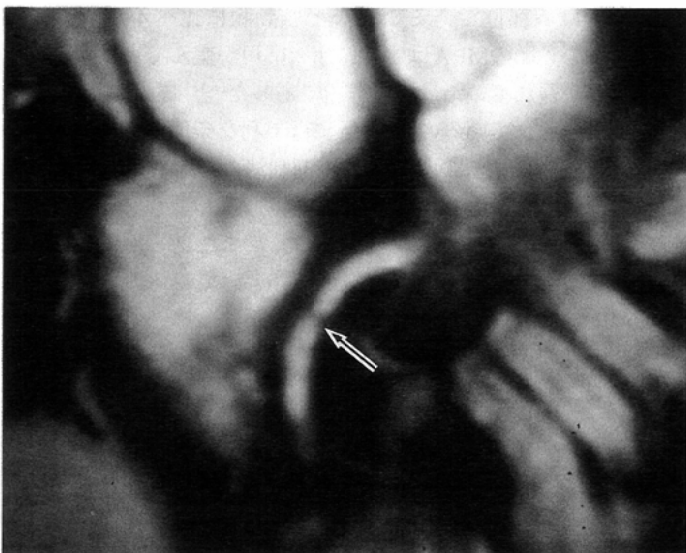
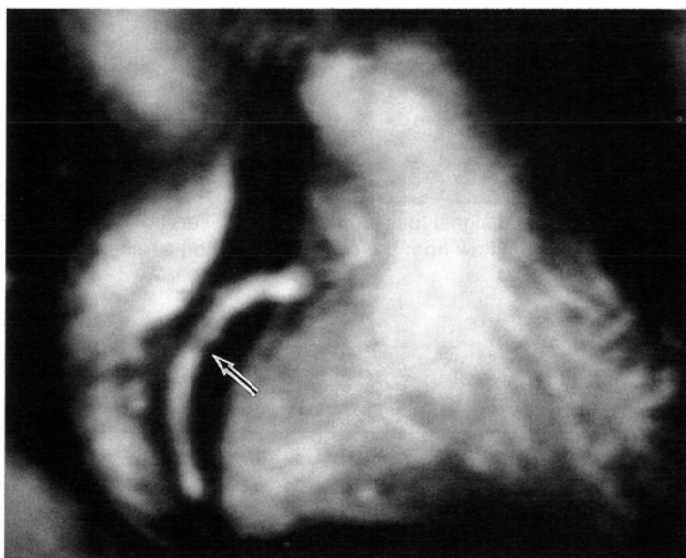


Fig.4 Two images of right coronary MRA from different oblique angles(A & B) and CAG(C). Note the short segmental signal loss on MRA(arrow)well correlated with the stenosis on CAG(arrow head).

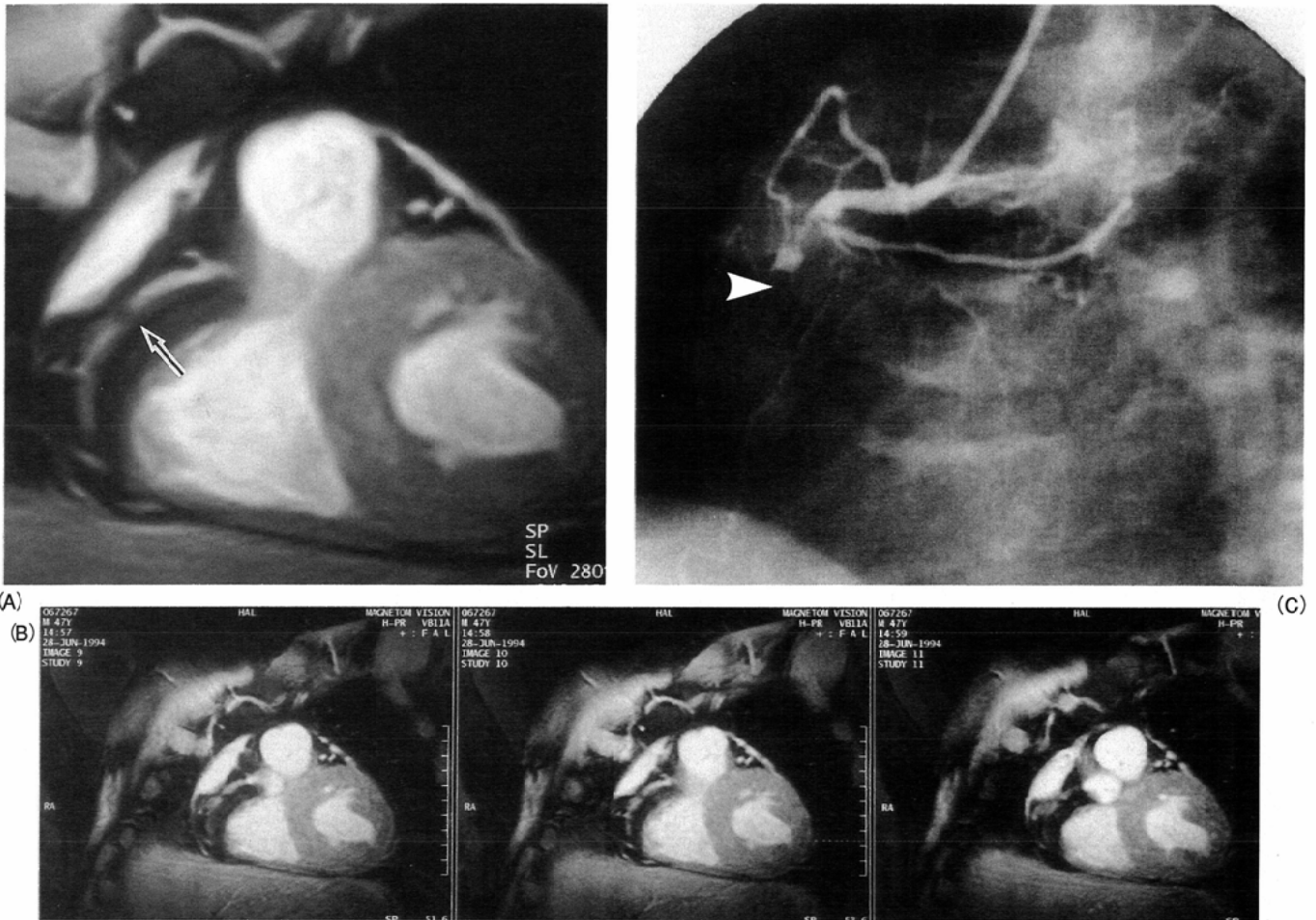


Fig.5 Sequential images of right coronary MRA (A & B). On each image, segmental signal loss (arrow) can be observed. On CAG (C), complete obstruction of right coronary artery (arrow head) is demonstrated. Peripheral flow from the obstructed portion seems to be supplied by collaterals from left coronary artery.

影のいずれが先になされていても、双方の結果は照合時まで伏せた prospective study である。

冠動脈の名称は American Heart Association (AHA) 分類に基づいた。

## 結 果

検査時間と通常血管撮影との比較の結果を Table 2, 3 に示す。右冠動脈 5 症例, 左冠動脈 15 症例, 55 部位の検討で左冠動脈 segment 6 に MRA の false negative 例が 2 例 (case 7, 18) あっただけで, 他はすべて一致した (Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7)。検査時間は 5~18 分と短時間で終了でき, 全例患者に異常はなく疲労の訴えもなかった。ただし 78 歳女性で呼吸静止ができなため, 検査途中で中止となった 1 例 (case 16) があつたことを付記する。

なお MRA では狭窄部位は血流信号低下あるいは欠如部位として描出され, 狭窄度の判定は困難であつた。

## 考 察

冠動脈は脳動脈と並んで MRA の対象として最も関心を持たれている血管であるが, 呼吸, 心臓の動きに大きく影響を受ける部位であることなど脳動脈に比べ不利な点が多い。脳動脈の MRA はすでに臨床応用が盛んであるのに, 冠動脈が遅れていた最大の理由であつた<sup>1)-3)</sup>。血管が脂肪組織内に埋もれているのも MRA には不利な条件であつた。しかし超高速撮像法の応用と脂肪抑制法の併用などで, それらの問題点が解決される<sup>4), 5)</sup>と, 冠動脈は脳動脈に比べて, 検査対象血管の本数も少なく, 短く, またはるかに直線に近い走行をするという有利な点が浮き出てくる。理論的には MRA に適した血管とすら言える。

上記の特徴を生かせば, 血管 1 本ずつ複数の方向から撮像していくことが可能である。MIP 法などで画像処理を行わなくとも診断可能となる。これは狭窄病変の有無が主体となる検査では重要なことで, 診断法固有の空間分解能を画像処理によって損なうことがない。一般的に脳動脈や下肢動脈を対象に行われた MRA の MIP 画像で小病変の判断が困

難な場合、original画像を検討することを考えると、画像処理を経ないMRAの長所が理解できる。segmented Turbo FLASH法の開発者であるEdelmanらは撮像後に画像処理を行いMIP像を作っている<sup>6)</sup>が、われわれはその方法を採らない。現状では撮像面の数が増し検査時間が長くなる上に、画像そのものの質を損なう可能性がある。

冠動脈のMRAは患者の状態を考慮し短時間で行われるべきである。われわれは検査時間短縮化を重視して、種々の工夫を加え、臨床応用を行ったが、患者の協力も得られやすく成功率も向上すると思われた。長時間にわたる検査では患者が疲労し呼吸が一定でなくなるなど、細い動脈の描出能低下につながる。虚血性心疾患患者の状態を考慮すれば、短時間での検査は画質を問う以前の課題であるが、副産物的に冠動脈の描出能が向上し、高い検査成功率に通じていると推測できる。冠動脈のMRAと通常血管撮影との比

較はEdelmanらの報告<sup>7)</sup>があるのみであるが、今回の結果はその結果よりわずかだが高い一致率を示す。症例数は少なく推論の域を出ないが、撮像時間の短縮化が患者の疲労を軽減し高画質につながったものと考えられる。ちなみに上記報告での平均撮像時間は45分とされている。

またわれわれの検討ではMRAのfalse positive例がなかったが、1枚の画像で狭窄が疑われた場合は撮像面を前後に移動しての再撮像(Fig.5)か、異なった角度からの再撮像(Fig.4, 6, 7)を行い、病変の再現性を確認したのが功を奏していると考えた。なお、2例あったfalse negativeの原因はpartial volume effectによると推論した。対象血管に対する適正なスライス幅の選択が必要であろう。

つぎに冠動脈のMRAの臨床的意義について考察する。本研究は検査時間が長くなることを警戒した初期臨床応用の検討であり、左右いずれかの冠動脈の比較的起始部に限定した。右冠動脈はAHA分類のseg.1と2、左冠動脈はseg.5, 6, 11の病変描出を検討し、通常血管撮影と比較しよい結果を得ているが、さらに広い範囲の血管病変の有無を観察できなくてはスクリーニング検査として十分ではない。しかし病変の所在が分かっているものの、経時変化の観察には現状でも対応可能である。経カテーテル的冠動脈形成術(以下PTCA)やアテレクトミー後のフォローアップ検査としての臨床応用がまず考えられる。さらに症例1(Fig.5)ではき

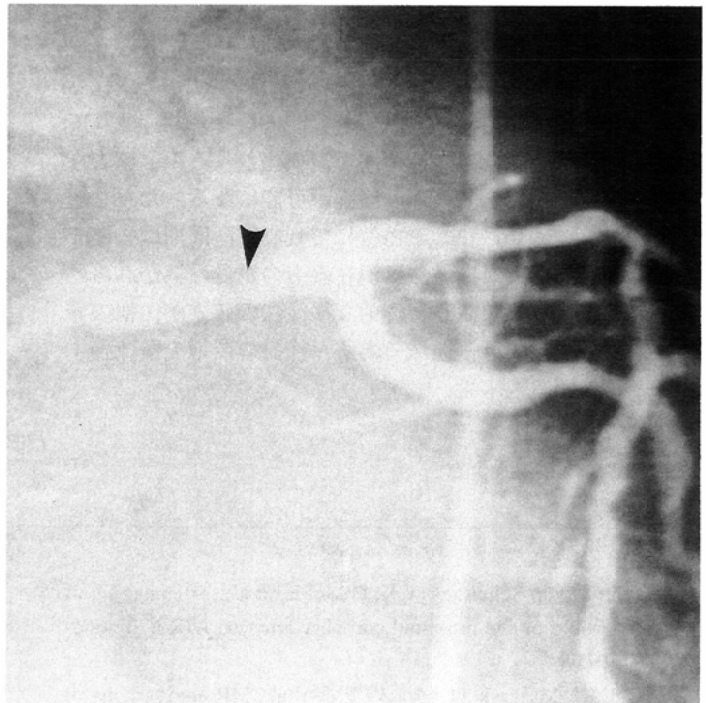
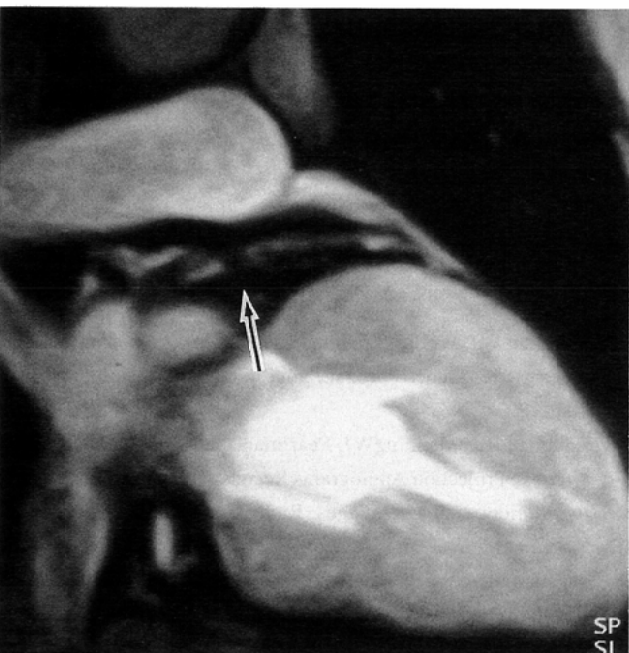
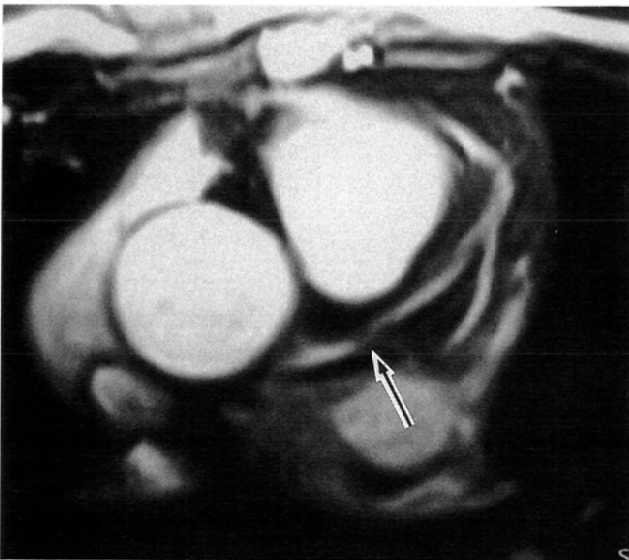


Fig.6 Transverse and oblique images of left coronary MRA(A & B). Note the short segmental signal loss on each images of MRA(arrow) well correlated with the stenosis on CAG((C), arrow head).

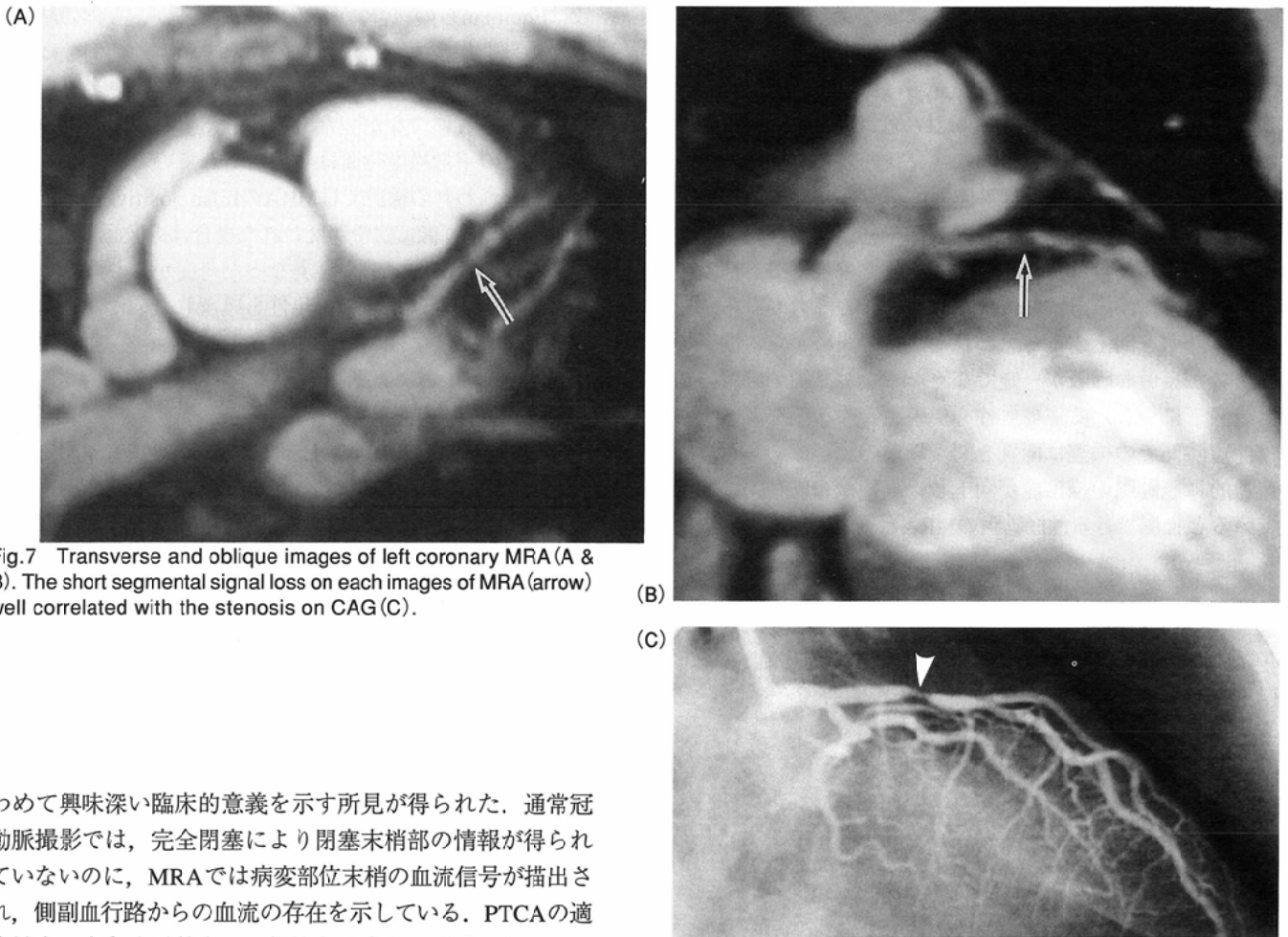


Fig.7 Transverse and oblique images of left coronary MRA (A & B). The short segmental signal loss on each images of MRA (arrow) well correlated with the stenosis on CAG (C).

わめて興味深い臨床的意義を示す所見が得られた。通常冠動脈撮影では、完全閉塞により閉塞末梢部の情報が得られていないのに、MRAでは病変部位末梢の血流信号が描出され、側副血行路からの血流の存在を示している。PTCAの適応拡大に大きく貢献する可能性を示唆する所見である。

ごく近い将来にはecho planar imaging (EPI)法が実用化され、きわめて短時間のMRI撮像が可能になると期待されている。一画像当たりの撮像時間が短縮化されることにより同時間内でさらに広い範囲の検査が可能になる。ただし冠動脈MRAへの応用では、EPI法にても心電図同期は必要であろうし、基本的な撮像法は現在のものが受け継がれると考えられる。可能な限り合理的な撮像法の確立が、他の分野にもまして望まれる領域である。検討の余地を多数残す分野とも言える。

## 結 論

最近可能になった超高速撮像法を用いて冠動脈のMRAを臨床例に施行した。この際検査時間の短縮化を最重要課題とし独自の撮像法を考案した。AHA 90%以上の高度狭窄に限定した今回の検討では、通常血管撮影法との比較はきわめて高い一致率を示し、撮像時間の短縮化が患者の疲労を軽減し、高画質につながったものと考えられる。

## 文 献

- 1) Paulin S, von Schulthess GK, Fossel E, et al : MR imaging of the aortic root and proximal coronary arteries. *AJR* 670 : 665-670, 1987
- 2) Alfidi RJ, Masaryk TJ, Haacke EM, et al : MR angiography of peripheral. carotid and coronary arteries. *AJR* 149 : 1097-1109, 1987
- 3) Gomes AS, Lois JF, Drinkwater DC, et al : Coronary artery bypass grafts ; Visualization with MR imaging. *Radiology* 162 : 175-179, 1987
- 4) Edelman RR, Manning WJ, Burstein D, et al : Coronary Arteries ; Breath-hold MR angiography. *Radiology* 181 : 641-643, 1991
- 5) Manning WJ, Wei Li, Edelman RR : Fat-suppressed breath-hold magnetic resonance coronary angiography. *Circulation* 87 : 94-104, 1993
- 6) Edelman RR, Manning WJ, Peariman J, et al : Human Coronary arteries ; Projection Angiograms Reconstructed from Breath-hold two-dimensional MR images. *Radiology* 187 : 719-722, 1993
- 7) Warren JM, Wei Li, Edelman RR : A preliminary report comparing magnetic resonance coronary angiography with conventional angiography. *New England J Med* 328 : 828-832, 1993