

1 テスラ magnetic resonance coronary angiography による 冠動脈起始異常の描出

沢田尚久, 岡田 隆, 白石裕一, 片村真紀,
水谷孝昭

綾部市立病院循環器科

はじめに

冠動脈起始異常症の予後は冠動脈近位部の走行様式によって大きく異なり, 大動脈と肺動脈に挟まれて走行する症例では, 狭心症, 心筋梗塞, 不整脈, 突然死の合併が報告されている^{1),2)}. 従って, 起始異常冠動脈の近位部走行状態を確認することは心筋梗塞や突然死の危険性を予測する上で極めて重要である. 現在, 冠動脈起始異常の確認手段は冠動脈造影であるが, 三次元走行する血管を二次元でしか確認出来ず, 他の心大血管は造影されないため, 位置関係の把握に苦慮することが多い. Magnetic resonance coronary angiography (MRCA) は近年のMRI技術の進歩によって, 時間空間分解能を向上させた新しい撮像方法であるが, 撮像断面が自由に設定可能で, 三次元の解剖学的構造を明らかにする能力を有する. 今回我々はMRCAを用いて冠動脈起始異常を描出し, その有用性を検討したので報告する.

対象と方法

対象は平成2年8月当病院開院以来, 平成8年12月までの間に施行した, 冠動脈造影

1800症例のうち, 確定診断を得た冠動脈起始異常6症例(男4例, 女2例, 平均年齢65.2歳)である. 冠動脈起始異常の出現頻度は全冠動脈造影例中0.3%で, 内訳は単冠動脈2例, 右冠動脈左バルサルバ起始症3例, 左回旋枝右バルサルバ起始症1例であった.

装置は, Siemens社製MAGNETOM Impact Expert System (1.0 T)を用い, CP-spine coilを使用, 腹臥位及び上肢挙上で撮像した. 画像収集はSegmented k-space turbo FLASH法を用い, 呼吸停止及び心電図同期下に脂肪抑制を併用した. 各撮像条件は, TR 159 ms, TE 7.4 ms, 飽和効果を最小に抑えつつゼロフリーエライン近傍で強い信号を画像化に利用する目的でflip angleはincrementalとし, 画像matrix sizeは144×256, Field of viewは280 mm×280 mm, slice幅5-7 mmとした. 本法の詳細についてはすでに報告されているが³⁾, k-spaceを7または9 segmentに分割し, 心電図同期下に1回の心周期の間に1枚の画像構築に必要な位相エンコード量の異なる複数のエコーを収集する. k-spaceは収集されるエコーの数に分割され, それぞれのセグメント内には同一の心時相のエコーが配置される. このため, 15-20秒の息止めで1枚の画像を得ることが可能となる. 撮像手順は, まず

キーワード magnetic resonance coronary angiography, anomalous origin of coronary arteries

2D-FLASH法により胸部横断面像を基準に上行及び下行大動脈を結ぶ矢状断面で大動脈弓を描出した。その後、大動脈起始部を5-10 mm間隔で末梢側から中枢側に向かって短軸で切り下ろし、冠動脈入口部を描出した。得られた冠動脈起始部を参照画像として、直交する2軸を基本に末梢側へ向かって切り進めていった。

得られた結果は、X線冠動脈造影については冠動脈の起始部位、MRCAについては、画質、描出可能部位、異常冠動脈の起始および走行部位について検討した。MRCAの画質は、画像描出不可、解剖学的位置に線状構造を確認、良好に冠動脈を描出、の三段階に分類し、描出可能部位はAHA分類に従った。

結 果

Table 1に各症例一覧を示す。X線冠動脈造影では、左回旋枝右バルサルバ起始症が1例、単冠動脈が2例、右冠動脈左バルサルバ起始症が3例であった。MRCAでは、画質は5例で良好であったが、1例は高齢のため検査協力が不十分で、解剖学的位置に冠動脈と思われる線状構造を確認するにとどまった。描出部位は、全例で対象冠動脈の近位部および中央部ま

での描出が可能であった。異常冠動脈の描出は、起始部は6例全例でX線冠動脈造影と同様の所見が得られた。さらに起始部から順に末梢方向へ描出を進めていくことで、近接する大血管との解剖学的位置関係が明瞭に把握可能であった。症例4の左回旋枝右バルサルバ起始症では異常冠動脈は大動脈後方を走行していたが、他の5例ではすべて大動脈と肺動脈幹に挟まれて走行していた。

典型例を提示する。症例2, 81才男性。労作時の失神発作を主訴に受診、ホルター心電図で洞機能不全症候群と診断した。左心室造影で下壁領域の壁運動低下を認め、冠動脈造影(Fig. 1)では右冠動脈が左冠動脈より分岐するSmith 2型の単冠動脈症であった。MRCAでは異所性右冠動脈は左冠動脈主幹部より急峻に分岐し、大動脈と肺動脈の間を横切った後、正常同様の走行をとっていた(Fig. 2)。

症例4, 60才男性。冠動脈造影では、左冠動脈回旋枝は右バルサルバ洞から起始した後、後方に向かい走行していた(Fig. 3A)。MRCAでは左回旋枝は右冠動脈と同様に右バルサルバ洞から起始し(Fig. 3B)、大動脈の後方を回った後(Fig. 3C)、房室間溝に到達(Fig. 3D)、末梢は通常の回旋枝の走行をとっていた。

Table 1. Angiographic Patterns of Anomalous Coronary Arteries in 6 Patients.

Patient	Age	Sex	CAG	MRCA			
				visualization	segment	origin	course
1	49	F	RCA from LMCA	good	#1, #2	LMCA	interarterial
2	81	M	RCA from LMCA	good	#1, #2	LMCA	interarterial
3	70	M	RCA from L	good	#1, #2, #3	L	interarterial
4	60	M	LCX from R	good	#11, #13	R	retroaortic
5	52	M	RCA from L	good	#1, #2	L	interarterial
6	79	F	RCA from L	obscure	#1, #2	L	interarterial

R indicates right sinus; L, left aortic sinus; LMCA, left main coronary artery; RCA, right coronary artery; LCX, left circumflex coronary artery; CAG, x-ray coronary angiography; MRCA, magnetic resonance coronary angiography.

1997年2月28日受理 1997年4月30日改訂

別刷請求先 〒623 京都府綾部市青野町大塚20-1 綾部市立病院循環器科 沢田尚久

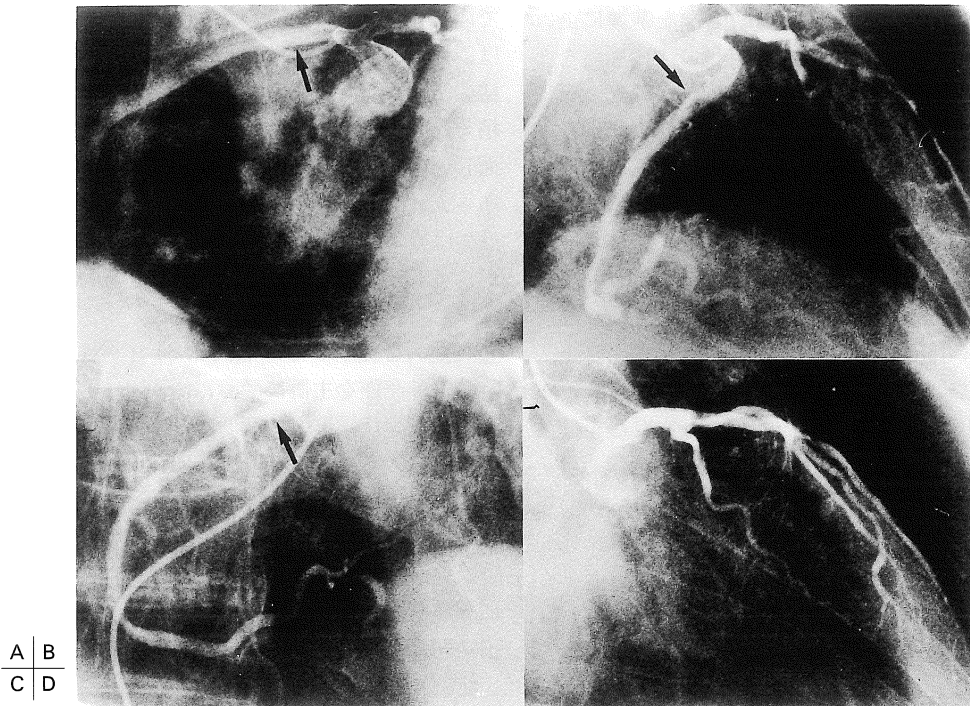


Fig. 1. A shows LAO view by conventional x-ray coronary angiography and B shows RAO view. An RCA (arrow) anomalously originates from the LMCA. C and D show selectively engaged x-ray angiography of the RCA and LCA, respectively.

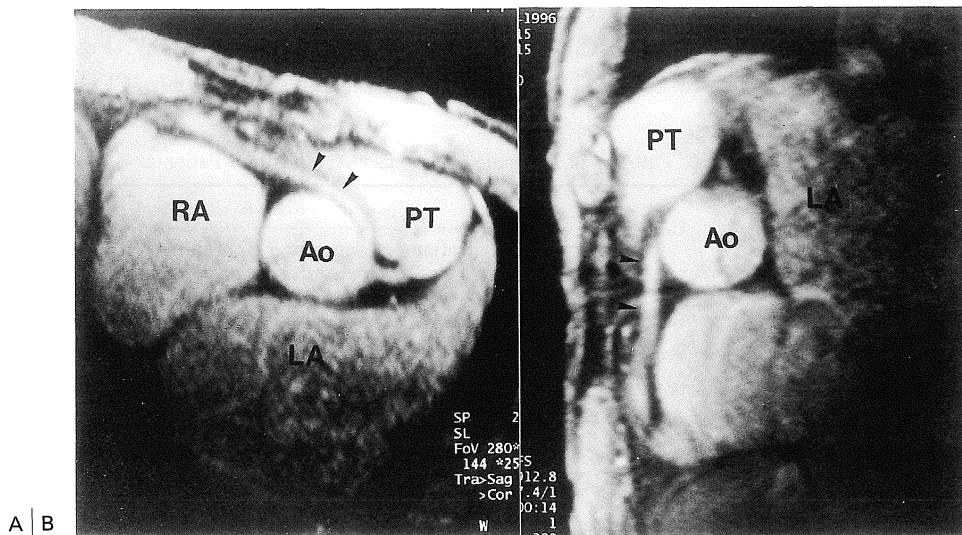


Fig. 2. A is transverse MR image showing an anomalous RCA (arrow head) originating from the LMCA. B is perpendicular to A. The anomalous RCA runs between the aorta and pulmonary trunk toward the right aortic sinus and takes a normal RCA course. Ao indicates aorta ; PT, pulmonary trunk ; LA, left atrium ; RA, right atrium.

症例 5, 52 才男性. 労作時の胸部圧迫感を主訴に受診, 冠動脈造影で右冠動脈左バルサルバ起始症と診断した (Fig. 4A, B). MRCA では右冠動脈は左バルサルバ洞から起始し, 上行大動脈と肺動脈幹に挟まれて走行していた (Fig. 4C, D).

考 察

冠動脈起始異常症は人口の 0.3-0.8%^(4),5), 冠動脈造影症例で 0.6-1.2%^(1),2)の頻度で認められる心奇形であるが, 狭心症, 心筋梗塞, 不整脈, 突然死などの合併が報告されている. 心筋虚血の機序としては, 冠動脈入口部の鋭角的な分岐 (flap like ostium closure)⁶⁾, 冠動脈彎

縮⁷⁾などが考えられているが, 主たる原因としては, 起始異常冠動脈が大動脈と肺動脈との間を走行する場合, 労作時の心拍出量増大で拡張した大血管が異所性冠動脈を圧迫することが大きな要因となる^{6),8)}. 従って, 起始異常冠動脈の近位部走行状態を確認することは心筋梗塞や突然死の危険性を予測する上で極めて重要である.

通常, 冠動脈起始異常の確定診断は冠動脈造影によるが, 他の大血管や心腔は造影されないためにその前後関係が明らかでなく, 冠動脈近位部の走行状態 (septal course, interarterial course, anterior free wall course, retroaortic course) の確認に苦慮することがある. 通常の冠動脈造影のみの診断では誤診率は 50%に上

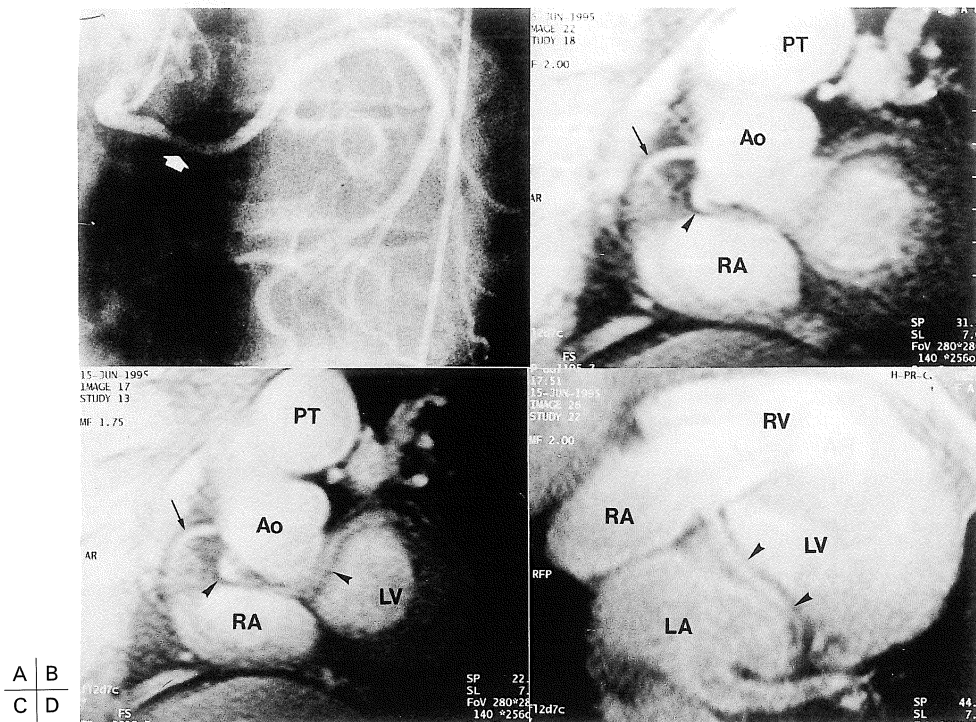


Fig. 3. A, Conventional x-ray coronary angiography showing an LCX (arrow) anomalously originating from the right aortic sinus. B and C are from the oblique series of MR angiographic images, and D is perpendicular to C. The anomalous LCX (arrow head) originates from the right aortic sinus close to the RCA and takes a retroaortic course to the atrio-ventricular groove. Ao indicates aorta ; PT, pulmonary trunk ; LA, left atrium ; RA, right atrium ; LV, left ventricle ; RV, right ventricle.

るという報告もあり⁹⁾、正診率を上げる工夫としてカテーテルを肺動脈に挿入しながらの冠動脈造影¹⁰⁾、dot and eye method¹¹⁾などが報告されている。冠動脈造影以外の診断方法として、経胸壁心エコーによる冠動脈近位部描出は小児科領域での川崎病後冠動脈瘤の評価には極めて有用であるが、症例によっては成人でも描出可能である¹²⁾。経食道エコーは経胸壁アプローチに比べてより明瞭な冠動脈近位部の画像が得られるが¹³⁾やや侵襲的である。また、最近電子線CTによる冠動脈描出も試みられつつあるが¹⁴⁾、造影剤を要すること、横断面画像しか得られないことが欠点である。

心血管領域の各種画像診断技術は格段の進歩を遂げたが、冠動脈の走行や病変を明らかにするためには冠動脈造影が決定的かつ欠かせない検査法である。しかしながら冠動脈造影は少なからず侵襲性があり、若年者や造影剤アレルギー症例ではその適応に迷うこともある。MRCAはMRI技術の進歩により撮像可能となった新しい検査法で、初期にはスピンエコー系列シーケンスによる“black-blood”撮像法が中心であったが^{15),16)}、最近では各社からグラジエントエコー系列シーケンスによる“bright-blood”撮像法が紹介されている。今回用いた Segmented k-space turbo FLASH 法は後者の

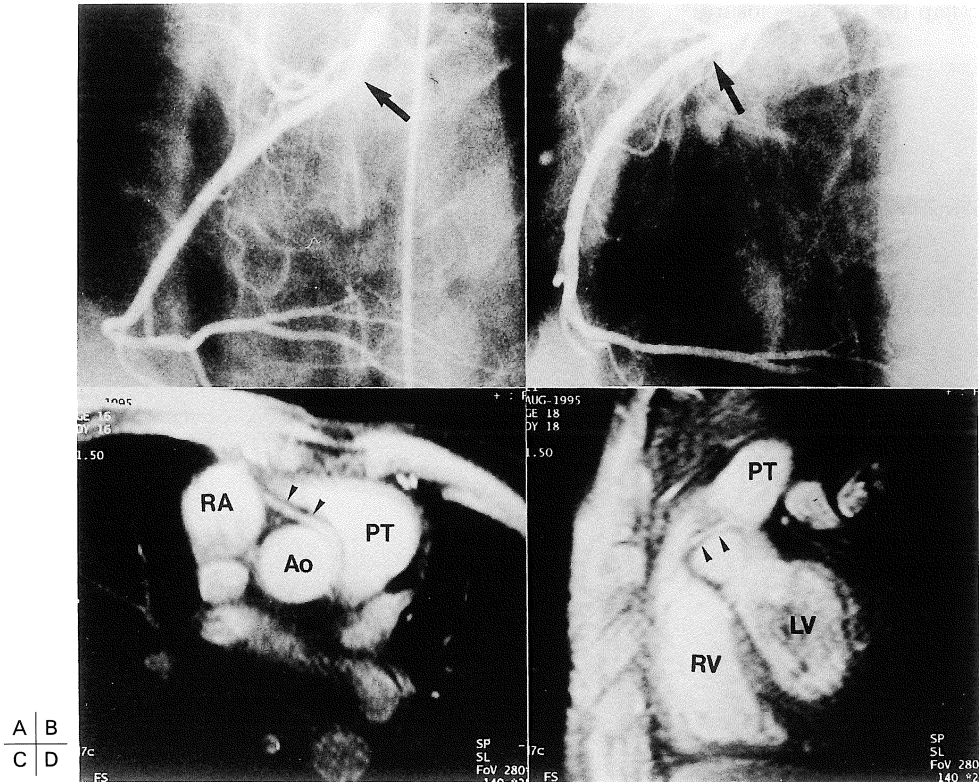


Fig. 4. A shows PA view by conventional x-ray coronary angiography and B shows LAO view. An RCA (arrow) originates from the left aortic sinus. C shows transverse MR image of an anomalous RCA (arrow head) originating from the left aortic sinus. D is perpendicular to C. The anomalous RCA runs between the aorta and pulmonary trunk toward the right aortic sinus and takes a normal RCA course. Ao indicates aorta ; PT, pulmonary trunk ; LA, left atrium ; RA, right atrium.

方法のひとつであるが、k-spaceを分割しほぼ同時に複数のエコーを収集することで心電図同期かつ呼吸停止下での短時間撮像を可能とし、呼吸や心拍動によるアーチファクトを最小限に抑えながら、どんな解剖学的断面での撮像も可能である。これまでMRCAによる冠動脈起始異常の描出はすべて1.5 T高磁場装置による報告であったが^{3),17),18)}、今回の我々が用いた1.0 tesla普及型MRI装置でも冠動脈描出が可能であると考えられた。

本研究の問題点としては、すでにX線冠動脈造影で確定診断された症例を対象としたため、二重盲検試験となっていないことがあげられる。冠動脈走行異常は頻度が低いため、ほとんどの場合冠動脈造影で偶然に発見されることが多いが、今後症例数が増加すれば、感度や特異度を算出することが必要である。

現在の撮像方法での問題点としては、解像度が1 mm/1 pixel程度であるため、冠動脈末梢や分枝の確認は困難であること、2次元平面で撮像しているため、蛇行の強い部位では狭窄や途絶と判断されてしまうことがあげられる。また、呼吸停止や心電図同期で心拍動、呼吸運動によるアーチファクトを極力抑えているとはいえ、不整脈や被験者の協力の有無で画質が左右される。さらには、解剖学的知識を持った医師が、有効な撮像断面を決定しなければならない。判断を誤ると、望む画像を得られないばかりか、検査時間の延長や息止めの繰り返しで、患者に負担を強いることになる。無論、閉鎖恐怖症、ペースメーカー患者、頭蓋内血管クリップ症例は本法の適応外である。画質や検査時間の短縮については、シーケンスやコイルの改良など、今後克服していかなければならない課題と考えられた。

現在のところMRCAは普遍的に認知された画像診断法ではないが、X線冠動脈造影で走行異常は疑われるが走行が今一つはっきりしない症例、主要冠動脈が入口部で完全閉塞または先天性に欠如しているが走行異常が疑われる症

例、心臓手術前で冠動脈走行異常を除外したい症例、失神や胸痛を有する若年者で冠動脈起始異常を除外したい症例、運動選手などには非侵襲的評価法として有用であると考えられる。

結 語

Magnetic resonance coronary angiographyは走行異常冠動脈を明瞭に描出し大血管や心腔との位置関係評価を可能にするため、冠動脈起始異常の非侵襲的検査法として有用と考えられる。

文 献

- 1) Engel HJ, Torres C, Page HL : Major variations in anatomical origin of the coronary arteries : Angiographic observations in 4,250 patients without associated congenital heart disease. *Cathet Cardiovasc Diagn*, 1 : 157-169, 1975.
- 2) Kimbiris D, Iskandrian AS, Segal BL, Bemis CE : Anomalous aortic origin of coronary arteries. *Circulation*, 58 : 606-615, 1978.
- 3) Edelmann RR, Manning WJ, Burstein D, Paulin S : Coronary arteries : Breath-hold MR angiography. *Radiology*, 181 : 641-643, 1991.
- 4) Click RL, Holmes DR, Vlietstra RE, Kosinski AS, Kronmal RA : CASS participants : Anomalous coronary arteries : Location, degree of atherosclerosis and effect on survival : A report from the Coronary Artery Surgery Study. *J Am Coll Cardiol*, 13 : 531-537, 1989.
- 5) Yamanaka O, Hobbs RE : Coronary artery anomalies in 126,595 patients undergoing coronary angiography. *Cathet Cardiovasc Diagn*, 21 : 28-40, 1990.
- 6) Chietlin MD, DeCastro CM, McAllister HA : Sudden death as a complication of anomalous left coronary origin from anterior sinus of valsalva. A not-so-minor congenital anomaly. *Circulation*, 50 : 780-787, 1974.
- 7) Chaitman BR, Bourassa MG, Saltiel J, et al. : Aberrant course of the left anterior descending coronary artery associated with anomalous left

- circumflex origin from the pulmonary. *Circulation*, 53 : 955, 1975.
- 8) Kragel AH, Roberts WC : Anomalous origin of either the right or left main coronary from the aorta with subsequent coursing between aorta and pulmonary trunk : Analysis of 32 necropsy cases. *Am J Cardiol*, 62 : 771-777, 1988.
 - 9) Ishikawa T, Brandt PWT : Anomalous origin of the left main coronary artery from the right anterior aortic sinus : Angiographic definition of anomalous course. *Am J Cardiol*, 55 : 770-776, 1985.
 - 10) Levin DC, Gardiner GA : *Heart disease : A Text Book of Cardiovascular Medicine*, 3rd edition, ed. by Braunwald E, WB Saunders Company, Philadelphia, 1988, pp288.
 - 11) Serota H, Barth CW III, Seuc CA, et al. : Rapid identification of the course of anomalous coronary arteries in adults : The "dot and eye" method. *Am J Cardiol*, 65 : 891-898, 1990.
 - 12) Kessler KM, Feldman T, Harding L, et al. : Anomalous origin of the right coronary artery from the left sinus of Valsalva : Echocardiographic-angiographic correlations. *Am Heart J*, 115 : 470-473, 1988.
 - 13) Fernandes F, Alam M, Smith S, Khaja F : The role of transesophageal echocardiography in identifying anomalous coronary arteries. *Circulation*, 88 : 2532-2540, 1993.
 - 14) Sapoval MR, Mousseaux E, Desnos M : Anomalous origin of the left coronary artery from the right coronary sinus diagnosed by electron beam computerized tomography. *Circulation*, 91 : 2093, 1995.
 - 15) Machado C, Bhasin S, Soulen RL : Confirmation of anomalous origin of the right coronary artery from the left sinus of valsalva with magnetic resonance imaging. *Chest*, 104 : 1284-1286, 1993.
 - 16) Doorey AJ, Wills JS, Blasetto J, Goldenberg EM : Usefulness of magnetic resonance imaging for diagnosing an anomalous coronary artery coursing between aorta and pulmonary trunk. *Am J Cardiol*, 74 : 198-199, 1994.
 - 17) McConnell MV, Ganz P, Selwyn AP, et al. : Identification of anomalous coronary arteries and their anatomic course by magnetic resonance coronary angiography. *Circulation*, 92 : 3158-3162, 1995.
 - 18) Post JC, Rossum AC, Bronzwaer JGF, et al. : Magnetic resonance angiography of anomalous coronary arteries. A new gold standard for delineating the proximal course? *Circulation*, 92 : 3163-3171, 1995.

Evaluation of Anomalous Origin of Coronary Arteries Using Magnetic Resonance Coronary Angiography at 1T

Takahisa SAWADA, Takashi OKADA, Hirokazu SHIRAIISHI,
Maki KATAMURA, Takaaki MIZUTANI

Department of Cardiology, Ayabe Municipal Hospital 20-1 Aono-cho, Ayabe-shi, Kyoto 623

Background. The prognosis of an anomalous origin of coronary arteries is decided by their proximal anatomical courses. Many cases of angina pectoris, myocardial infarction and sudden death are reported when the anomalous coronary artery passes between the aorta and pulmonary trunk. The aim of this study is to evaluate anomalous coronary arteries using MR coronary angiography.

Materials and methods. Six patients with angiographically confirmed anomalous coronary arteries were studied with MR coronary angiography. MR coronary angiography was performed with an electrocardiographically gated gradient echo sequence with k-space segmentation, using a 1.0-T MRI system during a single period of breath holding.

Results. MR coronary angiography clearly showed that abnormal right coronary arteries originated from the left main coronary artery in two cases, and from the left coronary sinus in three cases. These anomalous arteries passed between the aorta and pulmonary trunk toward the right coronary sinus. In the one case, the abnormal left circumflex coronary artery originated from the right coronary sinus and ran around the noncoronary sinus.

Conclusion. MR coronary angiography is a useful noninvasive examination for investigating the origin of anomalous coronary arteries and their proximal anatomical position in relation to the aorta and pulmonary trunk.