

## 川崎病におけるMRIの有用性

鈴木淳子

東京通信病院 小児科

### Utility of coronary MR angiography and myocardial MR imaging for patients with Kawasaki disease

Atsuko Suzuki

Department of Pediatrics, Tokyo Teishin Hospital

**Abstract** Coronary arterial aneurysms caused by Kawasaki disease may often develop into obstructive arterial lesions. This may lead to myocardial ischemia or sudden death, which can occur from the early to the late phase. Patients have therefore been followed up throughout their lives by frequent X-ray coronary angiography. Although X-ray coronary angiography is considered to be the gold standard for the detection of coronary lesions, it is an invasive, hazardous, and expensive procedure. As a noninvasive examination, magnetic resonance coronary angiography (MRCA) has developed remarkably over the past few years. Up to now, we have performed non-contrast enhanced, free-breathing MRCA for 635 patients with Kawasaki disease. Their ages ranged from 4 months to 37 years. MRCA proved to be a useful method for evaluating all types of coronary arterial lesions and intimal thickening, for all states of the disease. MR myocardial imaging was also performed for 57 patients with obstructive lesions, and proved to be useful for detecting even small myocardial infarctions and thin subendocardial infarctions which were not detectable detected by radio-isotopic imaging. MR imaging can thus reduce the amount of diagnostic catheterization and radio-isotopic myocardial imaging.

**Keywords** MR coronary angiography, MR myocardial imaging, Coronary aneurysms, Intimal thickening, Recanalized vessels

### 背景

川崎病罹患患者数は少子化にも関わらず年々上昇し続け、年間1万人以上の新罹患患者が報告されている。急性期の心障害例は12.9%、後遺症の冠動脈瘤残存率は3.8%に減少しているものの、依然として巨大瘤を残す例は後を断たない<sup>1)</sup>。冠動脈瘤は急性期以後速やかに縮小化し、完全に退縮してしまう例が多い一方で、血栓性閉塞や年余を経て進行する局所性狭窄例が少なからず存在する<sup>2)</sup>。

しかし諸検査で心筋虚血の検出率は低く、ルーチーンのX線心臓カテーテル検査(CAG)で初めて重篤な狭窄や閉塞に気付かれることが多い<sup>3)</sup>。突然死例は少なくなっているものの、心筋梗塞や、重篤な心機能低下例が成人後もみられ、幼若時から生涯にわたり画像診断を伴った経過観察が必要のためCAGが頻回に施行されてきた。

さらに冠動脈瘤がCAG上完全に退縮し治癒として経過観察が中止されてきた中に、退縮後も年余を経て局所性狭窄が出現進展する例も見られ、退

縮例にも冠動脈の観察が必要になってきている<sup>4)</sup>。また、急性期に瘤を形成しなかった例においても血管炎後の軽度内膜肥厚や内膜機能障害が動脈硬化性病変へと進展する可能性が問題となっており<sup>5)</sup>、膨大な数の川崎病既往例にも、冠動脈病変の画像診断の必要性が問われている。

このような状況下、手軽に外来で行える非侵襲的検査としてMR coronary angiography (MRCA) が出現し、自然呼吸下で造影剤も使用しない撮像方法が開発された<sup>6)</sup>。我々は、呼吸を止める必要がないことで乳幼児にも睡眠下でMRCAが可能となったことに着目し<sup>7)</sup>、2000年以來、635例の川崎病既往例(4ヵ月齢から37歳)にMRCAを行った。

また、川崎病はRI負荷心筋シンチの虚血検出

率も充分ではないが<sup>3)</sup>、MR心筋造影の有用性は成人虚血疾患において注目されてきており、著者らも2005年より57例にMRCAに引き続きMR心筋造影を行った。

## MR冠動脈画像(MRCA)

使用装置は1.5T Gyroscan Intra Master R.9 (Philips Medical System)で、使用シーケンスは、まず始めにSteady-state free precession (SSFP)<sup>8)</sup>のwhole heart imaging<sup>9)</sup>で3次元ボリュームデータを得、非造影で高信号に冠動脈血流を描出した。この検査所用時間は約20分である。得られたデータを3次元再構成装置(ザイオソフト社)によりMaximum Intensity Projection (MIP) (Fig.1a,

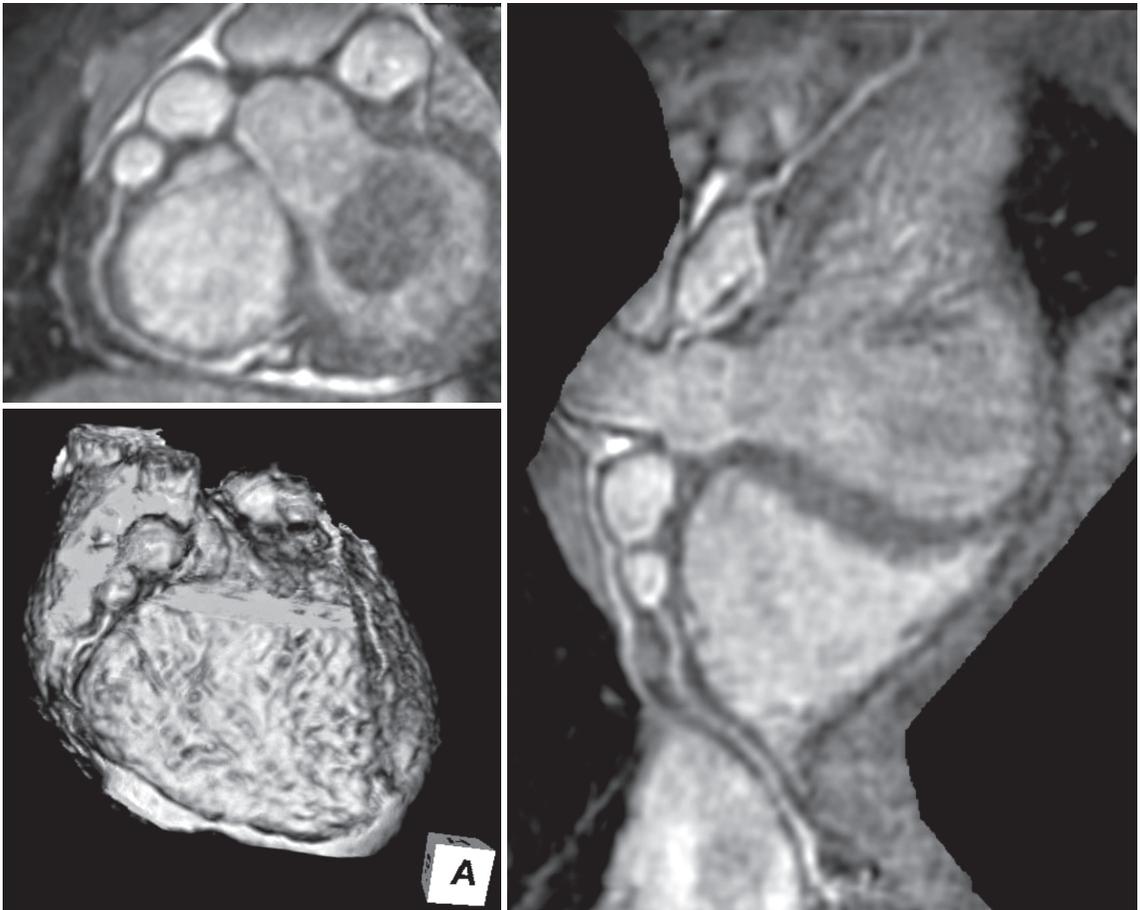


Fig.1 Image processing : 3-year-old boy  
 a : Maximum Intensity Projection (MIP)  
 b : Curved Multi Planner Reformation (Curved MPR)  
 c : Volume Rendering (VR)

a | b  
 c |

Fig.2b, Fig.3a), Curved Multi-planer Reformation (Fig.1b) や Volume Rendering 法 (Fig.1c) の3方法で再構成画像を作成した。さらに広く厚い領域を詳細に末梢分岐血管まで一平面上に描出する Soap bubble MIP法<sup>10)</sup> (Philips 社製) (Fig.3b) を用

いて、閉塞瘤の内腔や外壁を幅広い範囲で蛇行して走行する細い再疎通血管の描出を試みた。

次に閉塞や内膜肥厚を検出するために、低信号で冠動脈画像を得る M2D Black blood-Turbo Spin Echo<sup>11)</sup> (BB-TSE) (Fig.2c) を用い、画像構築

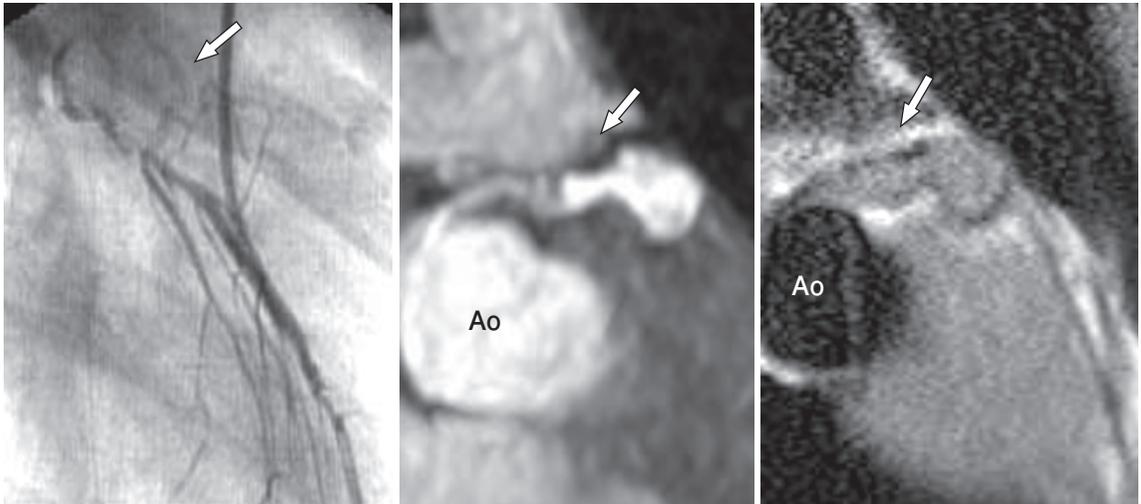


Fig.2 Occlusion : 8-year-old boy after aorto-coronary bypass surgery a | b | c  
 a : X-ray coronary angiography : Occluded aneurysm of left anterior descending artery is invisible but calcification on aneurysm is detected (arrow).  
 b : SSFP : Occluded aneurysm with an extremely high signal. The arrow points to a black line of calcification.  
 c : BB : TSE : Occluded aneurysm with a signal higher than that of blood. The arrow points to a black line of calcification.

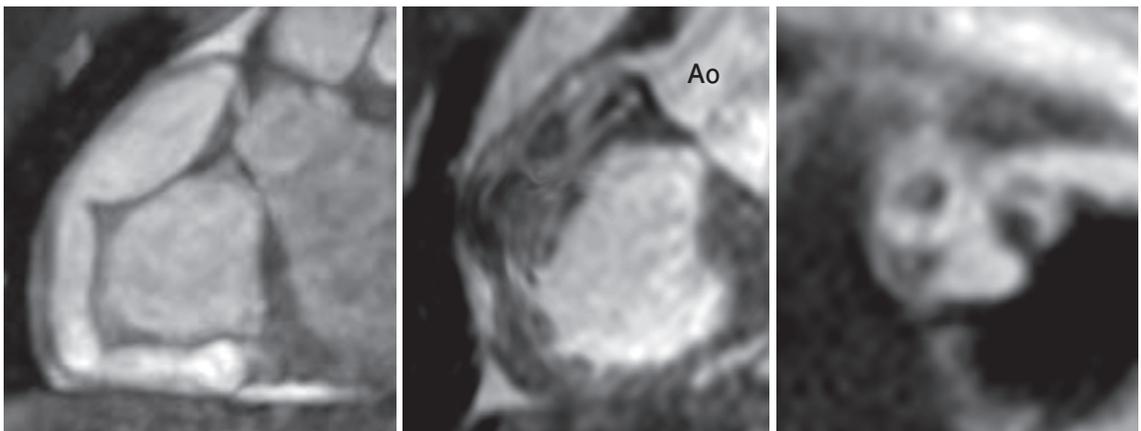


Fig.3 a : SSFP : Huge aneurysms of right coronary artery at 3 years of age. a | b | c  
 b : Soap bubble MIP : Braid-like lesions at 4.5 years old. The tortuous vessels are recanalized through the thrombus in the aneurysm.  
 c : Spiral-BB : Braid-like lesions on cross-sectional imaging, which shows “artery in arteries” like a cross section of lotus.

は3 point plan scan法で、冠動脈の長軸断面を描出した。

第3の方法は2D Black blood- Spiral k-space order TFE<sup>12)</sup> (Spiral BB) (Fig.3c) を3 point plan scan法で冠動脈の横断面を観察した。脂肪抑制併用画像であるため、冠動脈周囲の脂肪組織の信号が抑制され、血管壁と血管内腔を明瞭に分別した描出が可能である。これを狭窄部の内腔と内膜肥厚、瘤内血栓、閉塞、再疎通血管の血管内新生血管の観察にもちいた<sup>13)</sup>。BB-TSEやSpiral BBの撮像時間は自然呼吸で1ヵ所につき1分30秒かかり、呼吸停止では約24秒である。

## MR心筋造影

心室壁運動観察のためにシネMRI<sup>14)</sup>は造影剤を用いず、1心拍(20-50 phase)でSSFPを用い、撮像断面は左室短軸、長軸、4チャンパーで観察する。

MR心筋造影による心筋虚血、梗塞、心機能の評価は<sup>15)</sup>、まずPerfusion MRIで負荷時と安静時における左室短軸心筋の初回循環を観察することで心筋虚血評価を行う<sup>15)</sup>。その後15分間待って遅延造影MRI<sup>26)</sup>で心筋梗塞を心内膜下梗塞範囲の輪郭や深達程度まで描出する。

使用シーケンスはPerfusion MRIではSSFPに血液のT1値抑制を併用したシーケンスで、ガドリニウム造影剤(0.1ml/kgを4ml/秒で注入)を使用し、ATP(0.16ml/kg/分×6分間)遅延造影MRIでは、gradient echo系T1強調画像に心筋のT1値抑制を併用したシーケンスで、撮像開始は造影剤投与15分後である。

## 川崎病の冠動脈障害

川崎病の好発年齢は4歳以下で1歳代が最も多い。呼吸停止の必要条件がなくなり、幼児でも睡眠下でMRCAが可能とはなったものの、小さい体格、細い冠動脈、頻脈、速い呼吸、なかなか眠らず、やっと寝ても寝相が悪い、大きな検査音で目覚め起き出してしまふ、咳、鼻閉など風邪げみで呼吸が乱れる場合が多いなどの難点があり、鮮明な画像を得ることは困難であった。これに対し、武村は高感度に信号を得るための表面コイルを小さい体格に合わせてFlex-M coilにし、呼吸同期法における呼吸時相のデータ収集のgating window

を±3mmと狭くして、横隔膜の振幅の浅い子供にあわせた<sup>16)</sup>。さらに心電図同期においては、小児では高心拍のため心臓静止時相が比較的長い収縮期にデータ収集を行う等、撮像プログラムを小児用に調整する検討を重ねた。その結果4ヵ月齢から6歳までの35例の検討において、冠動脈の描出率は86~97%となり、ごく末梢を除きほぼ全域が描出可能となった<sup>16)</sup>。

川崎病の冠動脈障害は冠動脈瘤、局所性狭窄、閉塞、血栓、内膜肥厚、再疎通血管、著しい石灰化など特異なものが多く、これらの病変のMRCA画像の特徴を知ることが読影に必須である。

## 冠動脈瘤

冠動脈瘤の閉塞性病変への進展の予後は形成初期のサイズにより推測され、治療や経過観察のstrategyが決められるため、できるだけ早期の形態確認が必要とされている。

非侵襲的検査であるMRCAは急性期に瘤が最大となった時点での形態確認が可能であり、過半数の症例で生じる急性期一過性拡大も描出可能である。

MRCAとCAGにおける瘤のサイズは良く相関しており<sup>17,18)</sup>、著者らのSSFPとCAGの検討では相関計数は0.978、Bland-Altman plotsでmean differenceは0.0で、95% confidence intervalは-1.4から+1.5であった<sup>19)</sup>。

## 局所性狭窄

遠隔期に内膜肥厚による局所性狭窄が出現し年余を経て進行する。血管形成術後も、術を受けた枝のみならず他枝の狭窄の出現進行の経過観察が必要である。

著者らの18例のCAG上の局所性狭窄において、SSFPの鋭敏度は94%、特異度は97%であった<sup>19)</sup>。SSFPではCAGより狭窄程度がやや過大評価される傾向がみられ、BB-TSEでは狭窄程度は過小評価されがちであった<sup>19)</sup>。最近では局所性狭窄の好発部位である瘤の流入口、流出口部はSpiral BBによる横断面からの血管内腔や内膜肥厚の観察も加えて狭窄を評価し、狭窄程度が75%以上の例にはMR心筋造影を続行している。

## 閉塞

川崎病の閉塞は、発症後比較的早期に出現する瘤の血栓性閉塞と、遠隔期に出現、進行する局所性狭窄が閉塞へ進展したものが存在する。SSFPで閉塞は3タイプ存在する。1) 異常高信号の白い瘤として描出される血栓性閉塞 (Fig.2b) と、2) 途絶した冠動脈と側副血行路によりその下流が描出されるもの、3) 細分枝の閉塞で“描出されない細い枝”の3種である。3)はCAGと異なりMRCAの微細な描出能力の限界か、真の閉塞かを見定めることは困難である。SSFPとBB-TEFの両方法併用で鋭敏度は94.1%、特異度は99.7%であった<sup>19)</sup>。

狭窄や閉塞病変部にしばしば著しく高度な石灰化を伴うのも川崎病の特徴の一つである。MRCAでは石灰化瘤は瘤周囲の低信号の黒い線として描出され (Fig.2b, c), CTのように acoustic shadow を来さず内腔の観察が可能である<sup>20)</sup>。

心筋梗塞所見はFujiwaraらは川崎病の陳旧性心筋梗塞所見として、心室壁が薄くなり遅延造影を認めるものと、そのどちらか片方ずつしか認めないものと、両方とも認めないものの4つのタイプがあり、若年者の川崎病と成人動脈硬化性的心筋梗塞の病理組織学的相違を示唆している<sup>21)</sup>。

## 血栓と内膜肥厚

瘤内血栓形成は突然死に結びつく可能性が高いため、中等度以上の瘤が存在する限り頻回に瘤内血栓の有無を観察する必要がある。

血栓はCAGでは壁不整な陰影欠損や造影剤のにじみで推察される場合もあるが、血栓の全体像を見ることは不可能である。まして求心性の内膜肥厚の評価にいたっては、血管内エコーが唯一の方法であった。これをMRCAのBlack blood法<sup>11,12)</sup>では簡単かつ詳細に血管壁や内腔が描出可能である<sup>22)</sup>。いまのところ、血栓と内膜肥厚のMRCA上の画像の差異は明らかではなく、新鮮血栓は高信号の辺縁不整な壁に塊とし、内膜肥厚は壁に沿った均等な厚さの中等度信号強度の層として扱っている<sup>19)</sup>。

## 再疎通血管

再疎通血管はCAG分類においてセグメント狭

窄と名づけられている<sup>23)</sup>。

その形態は3つにタイプ分類され、タイプにより出現過程も予後も異なるため<sup>23)</sup> MRCAにおいても判別されることが必要である。しかし、ちりちりと微細な血管が蛇行し、分散して走行しておりMRCAでは描出が困難な病変である。タイプ1は“冠動脈内を束になって走行する再疎通血管: braid-like lesion”で、瘤内血栓内の新生血管が発達し (Fig.3b) “動脈内動脈”として横断面は蓮の根様になっているのが観察される (Fig.3c)。タイプ2は“閉塞した瘤の壁に添って微細な血管が途絶した瘤の流入口と流出口を橋渡ししている bridging lesion”であり、冠動脈壁の栄養血管が肥厚した内膜下で発達しているのが見られる。タイプ3は閉塞より起始部の枝と末梢枝を繋ぐ同一冠動脈間の側副血行路で“Pericoronary communications”と名付けられ、MRCAでは閉塞として分類している。Braid-like lesionは虚血や心筋梗塞の出現が他の2つに比べ低く、虚血が回復する頻度も高い。Pericoronary communicationsが最も回復が期待されないタイプである<sup>23)</sup>。

MRCAにおけるbraid-like lesionとbridging lesionの区別はSoap bubble MIP法やSpiral BB等を用いて可能となり、それぞれの支配領域の心筋障害はMR心筋造影で経過観察される<sup>24)</sup>。

心筋障害の検討において、Braid-like lesionとBridging lesionで灌流欠損の出現頻度に差がなく、遅延造影では、RI心筋イメージングで描出されない右心室の広範な心内膜下梗塞や小梗塞巣が描出され、梗塞を有する頻度は90%と高く、梗塞巣の出現頻度にも差は認められなかった<sup>15)</sup>。

## ACバイパス術の適応決定と術前、術後の心筋評価

ACバイパス術前の手術適応の決定、術後評価と経過観察にMRCAとMR心筋造影が有用である。グラフトの開存の有無のみならず、吻合部狭窄の有無やバイパスからの血流を受ける末梢の冠動脈評価にも有用である。Wittlingerらは造影Fisp-3Dシーケンスで吻合末梢の描出は鋭敏度94%、特異度88%と報告しており<sup>25)</sup>、著者らのシーケンスでは川崎病の25例28本のバイパスグラフト開存の鋭敏度は97%、特異度は67%であった<sup>26)</sup>。

術後は胸骨ワイヤーや止血クリップなどの体内金属によるアーチファクトのためMRCAでの観察が困難な例も存在する。例えば強度の漏斗胸のSSFPでは、胸骨ワイヤーアーチファクトのために右冠動脈とそこに吻合されたグラフトが著しく歪曲し読影不能であった。また止血クリップのアーチファクトはグラフトをクリップ毎に途絶する点線状に描出する。しかしBB-TSEでは金属アーチファクトの影響が少なく<sup>26)</sup>、今後、両方法を併用することで術後のMRCAの経過観察能力の向上が期待される。

一方、ACバイパス術の適応決定には冠動脈狭窄所見のみならず、心筋虚血所見とその心筋のバイアビリティーの証明が必要である。MR心筋造影において虚血は造影剤の灌流欠損で確認され、心筋バイアビリティーは遅延造影で描出される。心筋梗塞の深達度の程度が50%以上はバイアビリティー無し、それ未満の心内膜下梗塞ではバイアビリティーが存在し術後に心機能の回復が期待

できると報告されている<sup>15)</sup>。

著者らの経験では、術前に50%未満の深達度の梗塞部位では術後のPerfusion MR検査で灌流欠損部位が一瞬後にバイパスからの血流を受けて消失するのが見られたが、50%以上の深達度の部位では術後も灌流欠損の残存がみられた(Table 1)。WuらはMR心筋造影と<sup>18</sup>F-FDG PET/201Tl SPECTを対比して、術前のMR心筋イメージングで術後の心機能の改善状態を予測しえると報告している<sup>27)</sup>。

以上MR画像の有用性を述べたが、問題点として下記のようなものがあげられる。

### MRCAの問題点

- 1) 閉塞病変において、側副血行路からの血流を受け閉塞下流の血管が描出される。血流方向は不明であり、SSFPのみでは閉塞の診断に苦慮する場合がある。
- 2) Spiral BBは冠動脈に垂直断面で横断しないと

Table 1

patient	AC Bypass	Perfusion MRI perfusion defect			Delayed enhancement (transmural extent %)		Cine (Ejection fraction %)	
		LV wall	Pre Op.	Post Op.	Pre Op.	Post Op.	Pre Op.	Post Op.
20y	LITA-#7	anteroseptal	+	+⇒-	25 ~ 49	25 ~ 49	46.5	52.6
	RITA-#2	none			0	0		
	LITA-#7	anteroseptal	+	+⇒-	25 ~ 49	25 ~ 49		
27y	RITA-#3	inferior	+	+⇒+	75 ≤	75 ≤	52.0	57.0
	LITA-#13	posterior	+	+⇒-	0	0		
16y	RITA-#7	anteroseptal	+	+⇒-	0	0	54.7	55.2
	LITA-#6	anteroseptal		+⇒-		0		
25y	RITA-#2	inferior		+⇒-		0		62.6
12y	LITA-#6	anteroseptal		+⇒+		50 ~ 74		48.6
24y	LITA-#7	anterior		+⇒-		≤ 24		58
		septum		+⇒+		50 ~ 74		
	RITA-#2	inferior		+⇒+		75 ≤		
21y	LITA-#6	anteroseptal		+⇒-		0		48.5
	RITA-#3	inferior		+⇒+		50 ~ 74		
10y	LITA-#7	anteroseptal	+	+⇒-	≤ 24	≤ 24	61.5	58.3

LITA : left internal thoracic artery

RITA : right internal thoracic artery

+ : perfusion defect

- : no perfusion defect

Transmural extent more than 50% means no viability.

血管壁の厚さが不正確となる。

- 3) スライス厚が厚いとパーシャルボリューム効果で血管壁厚を過剰評価する。現在パーシャルボリューム効果の低減研究中である<sup>28)</sup>。
- 4) 撮像時間が whole heart imaging のみで約20分、他の撮像法を加えて1時間余かかる。
- 5) 長時間の静止が必要なため乳幼児、小児では睡眠剤が必要である。
- 6) 神経質で検査中に呼吸が不整となる例や鼻閉例では画像が不鮮明となる。
- 7) 撮像に習熟した技術が必要である。
- 8) 画像処理に時間と技術が必要とされる。

### MR心筋造影の問題点

- 1) ガドリニウム造影剤を用いるため気管支喘息を有する例は禁忌である。
- 2) ATP負荷で胸内苦悶感を訴える例がある。ジピリダモールで胸痛や心筋梗塞が誘発されることがある。
- 3) MR機種固有のアーチファクトが存在する。
- 4) 数量的に心筋虚血病変の程度や範囲を表示し、客観的な評価基準の決定が望まれる。

これらの点において現在できるかぎりの対処が検討されている。

### 結 論

川崎病既往のあらゆる年齢、身体条件例にMRCA検査が可能である上に、非侵襲的に安全かつ簡便、比較的安価に膨大な情報が得られる事を明らかにした。今後さらに発達し普及していく分野であると期待している。

### ●文献

- 1) 川崎病全国調査担当グループ (自治医科大学公衆衛生学教室) : 第19回川崎病全国調査成績 2005.9.1.
- 2) Suzuki A, Kamiya T, Arakaki Y, et al : Fate of coronary arterial aneurysms in Kawasaki disease. *Am J Cardiol* 1994 ; 74 : 822-824.
- 3) Suzuki A, Kamiya T, Tsuda E, et al : Natural history of coronary artery blesions in Kawasaki disease. *Prog Pediatr Cardiol* 1997 ; 6 : 211-218.
- 4) Suzuki A, Yamagishi M, Kimura K, et al : Functional

- behavior and morpholpgy of the coronary artery wall in patients with Kawasaki disease assessed by intravascular ultrasound. *JACC* 1996 ; 27 : 291-296.
- 5) Takahashi K, Oharaseki T, Naoe S : Pathological study of postcoronary arteritis in adolescents and young adults : With reference to relationship between sequelae of Kawasaki disease and atherosclerosis. *Pediatr Cardiol* 2001 ; 22 : 138-142.
- 6) Wang Y, Rossman PJ, GrimmRC, et al : Navigator-echo-based real-time respiratory gating and triggering for reduction of respiration effects in three-dimensional coronary MR angiography. *Radiology* 1996 ; 198 : 55-60.
- 7) 稲葉利佳子, 鈴木淳子, 佐藤克彦, 他 : 川崎病冠動脈障害の描出における3次元Magnetic Resonance Coronary Angiographyの有用性. *日小児会誌* 2002 ; 106 : 1636-1641.
- 8) Deshpande VS, Shea SM, Laub G, et al : 3D magnetization-prepared true-FISP : a new technique for imaging coronary arteries. *Magn Reson Med* 2001 ; 46 : 494-502.
- 9) Stuber M, Botnar RM, Danlos PG, et al : Double-oblique free-breathing high resolution three-dimensional coronary magnetic resonance angiography. *J Am Coll Cardiol* 1999 ; 34 : 524-553.
- 10) Alex E, Rene MB, Arianne MC, et al : “Soap-Bubble” visualization and quantitative analysis of 3D coronary magnetic resonance angiograms. *Magn Reson Med* 2002 ; 48 : 658-666.
- 11) Fayad ZA, Fuster V, Fallon JT, et al : Noninvasive in vivo human coronary artery lumen and wall imaging using black-blood magnetic resonance imaging. *Circulation* 2000 ; 102 : 506-510.
- 12) Ahn CB, Kim JH, Cho ZH : High-speed spiral-scan echo planar NMR imaging. *IEEE Trans Med Imaging* 1986 ; MI-5 : 2-7.
- 13) 武村 濃, 鈴木淳子, 稲葉利佳子, 他 : 川崎病冠動脈障害に対するMR coronary vessel wall imagingの検討. *Prog Med* 2005 ; 25 : 1833-1836.
- 14) Sakuma H : Magnetic resonance imaging for ischemic heart disease. *Magn Reson Imaging* 2007 ; 26 : 3-13.
- 15) Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al : The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000 ; 343 : 1445-1453.
- 16) Takemura A, Suzuki A, Inaba R, et al : Utility of Coronary MR Angiography in Children with Kawasaki Disease. *AJR Am J Roentgenol* 2007 ; 188 : W534-539.

- 17) Mavrogeni S, Papadopoulos G, Douskou M, et al : Magnetic resonance angiography is equivalent to X-ray coronary angiography for the evaluation of coronary arteries in Kawasaki disease. *J Am Coll Cardiol* 2004 ; 18 : 649-652.
- 18) Greil GF, Stuber M, Botnar RM, et al : Coronary magnetic resonance angiography in adolescents and young adults with Kawasaki disease. *Circulation* 2002 ; 26 : 908-911.
- 19) Suzuki A, Takemura A, Inaba R, et al : Magnetic resonance coronary angiography to evaluate coronary arterial lesions in patients with Kawasaki disease. *Cardiol Young* 2006 ; 16 : 563-571.
- 20) 北爪 勉, 鈴木淳子, 武村 濃, 他 : 川崎病冠動脈障害における石灰化のMR画像診断について. *Prog Med* 2006 ; 26 : 1572-1576.
- 21) Fujiwara M, Yamada TN, Ono Y, et al : Magnetic resonance imaging of old myocardial infarction in young patients with a history of Kawasaki disease. *Clin Cardiol* 2001 ; 24 : 247-252.
- 22) 武村 濃, 鈴木淳子, 稲葉利佳子, 他 : 川崎病冠動脈障害に対するMR coronary vessel wall imagingの検討. *Prog Med* 2005 ; 25 : 1833-1836.
- 23) Suzuki A, Kamiya T, Ono Y, et al : Clinical significance of morphologic classification of coronary arterial segment stenosis due to Kawasaki disease. *Am J cardiol* 1993 ; 71 : 1169-1173.
- 24) 勝又庸行, 鈴木淳子, 武村 濃, 他 : MRCAにおける再疎通血管の描出と心筋障害の評価. *Prog Med* 2007 ; 27 : 1574-1578.
- 25) Wittlinger T, dzemali O, Martinovic I, et al : Assessment of coronary artery bypass grafts patency with different magnetic resonance technologies. *Eur J Cardiothrac surg* 2006 ; 30 : 436-442.
- 26) 北爪 勉, 鈴木淳子, 武村 濃, 他 : 川崎病後のACバイパス術後例のMRIによる経過観察の有用性について. *日小児会誌* 2007 ; 111 : 1282-1288.
- 27) Wu YW, Tadamura E, Yamamuro M, et al : Comparison of contrast enhanced MRI with (18)F-FDGPET, (201)Tl-SPECT in dysfunctional myocardium : relation to early functional outcome after surgical revascularization in chronic ischemic heart disease. *J Nucl Med* 2007 ; 48 : 1096-1103.
- 28) Botnar RM, Kim WY, Bornert P, et al : 3D coronary vessel wall imaging utilizing a local inversion technique with spiral image acquisition. *Magn Reson Med* 2001 ; 46 : 848-854.