

川崎病重症冠動脈障害のマルチスライスコンピュータ断層撮影による評価の有用性

Advantages of Multislice Spiral Computed Tomography for Evaluation of Serious Coronary Complications After Kawasaki Disease

金丸 浩
唐澤 賢祐
市川 理恵
阿部 修
宮下 理夫
谷口 和夫
鮎 沢 衛
住友 直方
岡田 知雄
高山 忠輝*¹
佐藤 裕一*¹
齋藤 穎*²
原田 研介

Hiroshi KANAMARU, MD
Kensuke KARASAWA, MD
Rie ICHIKAWA, MD
Osamu ABE, MD
Michio MIYASHITA, MD
Kazuo TANIGUCHI, MD
Mamoru AYUSAWA, MD
Naokata SUMITOMO, MD, FJCC
Tomoo OKADA, MD
Tadateru TAKAYAMA, MD*¹
Yuichi SATO, MD, FJCC*¹
Satoshi SAITO, MD, FJCC*²
Kensuke HARADA, MD, FJCC

Abstract

Objectives. Novel multislice spiral computed tomography (MSCT) findings were identified in patients after Kawasaki disease that could not be detected by coronary angiography (CAG).

Methods. Eighteen patients had suffered from serious coronary arterial lesions after Kawasaki disease (mean age 21.7 years, range 13-34 years). Seventeen patients had stenotic lesions, and all of them had coronary aneurysms. MSCT was performed using a Siemens SOMATOM Volume Zoom (4-detector row) or a Toshiba Aquillion 16 (16-detector row). Findings of coronary calcification, stenotic lesion, and intimal hypertrophy in all coronary arteries were compared to those of CAG.

Results. Eleven of the 18 patients (61%) had novel findings detected by MSCT. Coronary calcifications were found in 11 of the 18 patients (61%). Five patients had concentric calcified aneurysms, four had eccentric calcified aneurysms, and two had mixed calcified aneurysms. Coronary stenotic lesions were present in 6 of the 18 patients (33%) with calcified aneurysms. Two patients had intimal hypertrophy (11%). One patient had intimal hypertrophy along the left main trunk with a giant calcified aneurysm along the left anterior descending artery. Two patients had severe stenoses just distal to giant calcified aneurysms that were regarded as false positive findings, and were identified as mild stenoses by CAG.

Conclusions. MSCT offers advantages over CAG in the evaluation of calcified aneurysms and intimal hypertrophy, and is a potential diagnostic modality for coronary intervention in patients after Kawasaki disease.

J Cardiol 2007 Jul; 50(1): 21-27

Key Words

- Aneurysms (coronary arterial lesion)
- Computed tomography (multislice spiral)
- Kawasaki disease

日本大学医学部 小児科, *¹内科学系循環器内科学分野, *²先端医学総合研究センター: 〒173-8610 東京都板橋区大谷口上町 30-1
Department of Pediatrics and Childhealth, *¹Division of Cardiology, Department of Medicine, *²Department of Advanced Medicine, Nihon University School of Medicine, Tokyo

Address for correspondence: KANAMARU H, MD, Department of Pediatrics and Childhealth, Nihon University School of Medicine, Oyaguchikami-cho 30-1, Itabashi-ku, Tokyo 173-8610; E-mail: hkin@med.nihon-u.ac.jp

Manuscript received February 2, 2007; revised April 13, 2007; accepted April 18, 2007

はじめに

川崎病罹患後の重症冠動脈病変の評価は、これまで選択的冠動脈造影(coronary angiography: CAG)によって行われてきた。成人領域では、むしろ安定冠動脈疾患を中心に冠動脈病変の評価をマルチスライスコンピュータ断層撮影(multislice spiral computed tomography: MSCT)で行うようになってきている。当科では2002年以降、川崎病に合併した重症冠動脈障害の評価にMSCTを利用している。CAGでは石灰化病変などの所見が乏しく、MSCTによって形態診断が確実になる症例をしばしば経験する。川崎病重症冠動脈障害の評価において、石灰化病変、狭窄性病変および内膜肥厚をCAG所見に加えてMSCTで新たに判明した所見を検討したので報告する。

対象と方法

対象は川崎病後に重症冠動脈障害を合併した18例で、CAGで17例に冠動脈狭窄、全例に冠動脈瘤が認められた。平均年齢は21.7歳(範囲13-34歳)であった。

MSCTは、SOMATOM Volume Zoomの4列機器(Siemens)、またはToshiba Aquilion 16の16列機器(Toshiba)を用いた。全例で撮影の90-120分前にメトプロロール(1mg/kg)を内服させ、心拍数を70回/min以下とした。撮影5分前にニトログリセリンの舌下投与を行った。造影は肘静脈より上行大動脈へおいた関心領域から造影遅延時間を決定し、造影剤を1.7ml/kg(最大85ml)を3.3ml/secの速さで投与したのちに、決定した造影遅延時間で撮影した。画像の再構築はP波を取り込みの終末とした。画像処理は撮影後ワークステーション(3D Virtuoso)で行い、volume rendered(VR)像とmultiplanar reconstruction(MPR)像を検討した。CAGはMSCT施行1年以内に行った。石灰化病変、狭窄性病変および内膜肥厚の検索を各冠動脈領域ごとに行った。領域は右冠動脈、左冠動脈本幹、左前下行枝および左回旋枝とに分けた。石灰化病変はlinear MPRとtrans-axial MPRから全周性か辺在性かを判断した。狭窄性病変はlinear MPRから50%狭窄以上を有意狭窄として判断した。内膜肥厚はtrans-axial MPRから造影効果を視覚的に判断した。CAG所見に加えてMSCTで新たに判明した所見について検討した。

結 果

CAG所見に加えてMSCTで新たに明らかになった所見が18例中11例(61%)に認められた。11例の内訳をMSCTで新たに判明した所見のまとめとしてTable 1に示した。冠動脈瘤内石灰化が18例中11例(61%)に、冠動脈狭窄が18例中6例(33%)で、6例すべてに冠動脈瘤の石灰化を伴った。内膜肥厚が18例中2例(11%)に認められた。冠動脈瘤内石灰化、内膜肥厚およびMSCTの疑陽性所見についておのおの詳細を示す。

1. 冠動脈瘤内石灰化

冠動脈瘤内石灰化が認められた11例中、4例が全周性石灰化、5例が辺在性、2例が全周性と辺在性の混在であった。Fig. 1は全周性に石灰化が認められた症例9である。VR像で巨大石灰化瘤が遠位左前下行枝に(Fig. 1-A)、MPR像で全周性石灰化が認められた(Figs. 1-B, C)。Fig. 2は辺在性石灰化が認められた症例8である。VR像で石灰化瘤が遠位左前下行枝に(Fig. 2-A)、MPR像で辺在性石灰化が認められた(Figs. 2-B, C)。

2. 内膜肥厚

Table 1の症例1,7は内膜肥厚が認められた2例である。症例1は内膜肥厚とは異なる部位の狭窄、石灰化重複厚が認められた。左冠動脈本幹に内膜肥厚が、遠位左回旋枝に狭窄が、近位左前下行枝に全周性石灰化冠動脈瘤が認められた。Fig. 3は石灰化に加え内膜肥厚が認められた症例7の画像である。VR像では近位左前下行枝に冠動脈壁の不整(Fig. 3-A)、遠位左前下行枝に辺在性石灰化瘤、MPR像で近位左前下行枝の内膜肥厚が認められた(Fig. 3-B)。CAGでは同部位の壁不整が確認された(Fig. 3-C)。2例ともに内膜肥厚と石灰化冠動脈瘤の部位は一致していなかった。

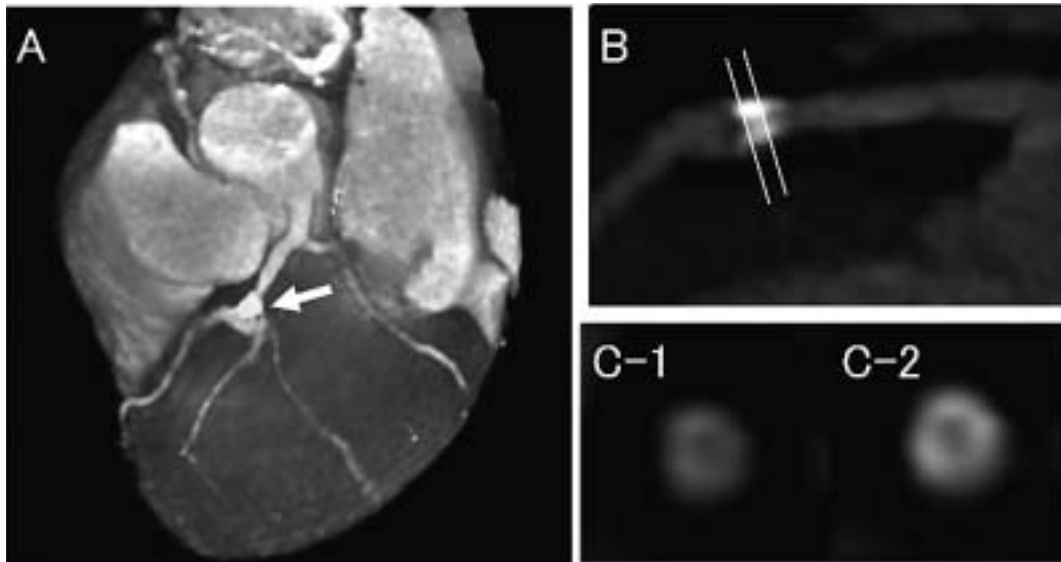
3. MSCTの疑陽性所見

石灰化冠動脈瘤の近傍で高度狭窄と判定した症例1,4の2例は、CAGの再検査で有意狭窄は認められなかった。狭窄部位は、2例ともに全周性石灰化冠動脈瘤の近傍であった。Figs. 4-A, Bは、症例4のVR像およびMPR像で、近位左回旋枝の巨大石灰化瘤直後の

Table 1 Novel findings in multislice spiral computed tomography

Case	Sex	Age (yr)	Years from the onset	Calcified aneurysm	Stenosis	IH	False positive
1	Female	22	18	Prx-LAD (C)	Dst-LCx	LMT	Prx-LAD (stenosis)
2	Male	21	20	Prx-LAD (C)	Dst-LCx	None	None
3	Male	24	24	Prx-LAD (C)	Prx-LCx	None	None
4	Female	34	27	Prx-LAD, Prx-LCx, Dst-LAD (C)	Dst-LAD	None	Prx-LCx (stenosis)
5	Male	19	18	Prx-RCA (E)	Prx-RCA	None	None
6	Male	22	21	Prx-LAD, Prx-LCx (C&E)	Prx-LCx	None	None
7	Male	23	18	Dst-LAD (E)	None	Prx-LAD	None
8	Female	17	16	Dst-LAD (E)	None	None	None
9	Male	15	13	Dst-LAD (C)	None	None	None
10	Male	26	24	Prx-RCA (E)	None	None	None
11	Male	20	17	Prx-LAD, Dst-LCx (C&E)	None	None	None

IH = intimal hypertrophy; Prx = proximal; LAD = left anterior descending artery; C = concentric calcification; Dst = distal; LCx = left circumflex artery; LMT = left main trunk; RCA = right coronary artery; E = eccentric calcification.

**Fig. 1 Case 9. Multislice spiral computed tomography images**

A giant calcified aneurysm (arrow) is located along the distal LAD in the volume rendered image (A). The linear MPR image (B) and the trans-axial MPR image (C-1, C-2) show concentric calcification in the aneurysm.

MPR = multiplanar reconstruction. Other abbreviation as in Table 1.

遠位部に75%狭窄が認められた。しかし、Fig. 4-Cは同一症例のCAGであるが、同部位に有意狭窄はなかった。

考 察

急性冠症候群の冠動脈障害の評価におけるMSCTの意義は、CAGと同等とする報告がある¹⁾。近年、川崎

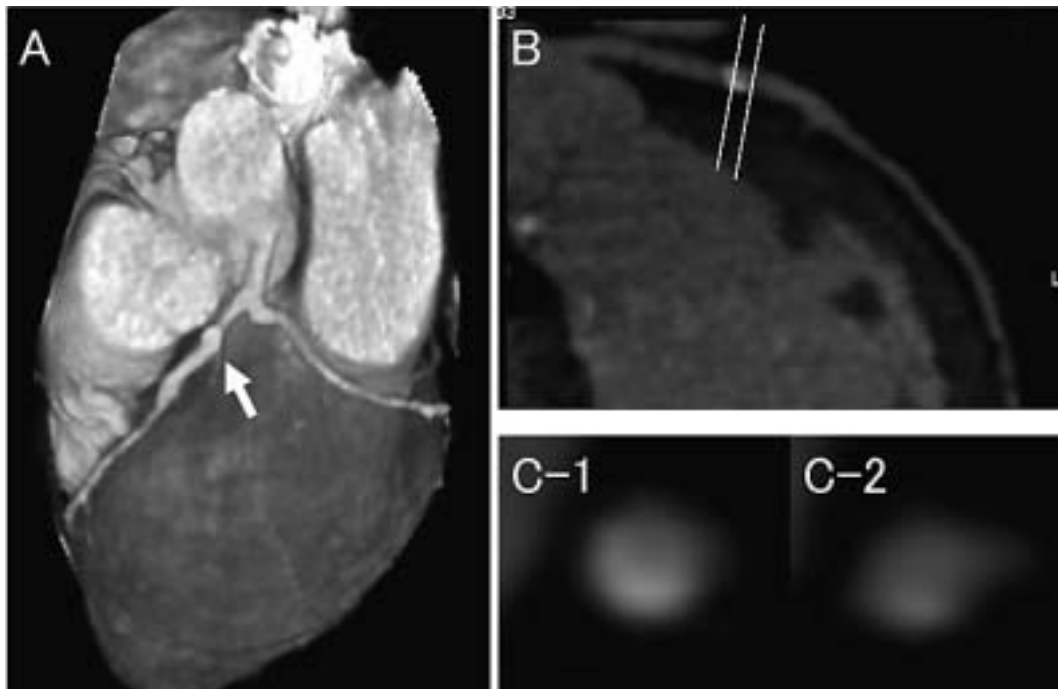


Fig. 2 Case 8. Multislice spiral computed tomography images

A calcified aneurysm (*arrow*) is located along the distal LAD in the volume rendered image (*A*). The linear MPR image (*B*) and the trans-axial MPR image (*C-1, C-2*) demonstrate eccentric calcification in the aneurysm.

Abbreviations as in Table 1, Fig. 1.

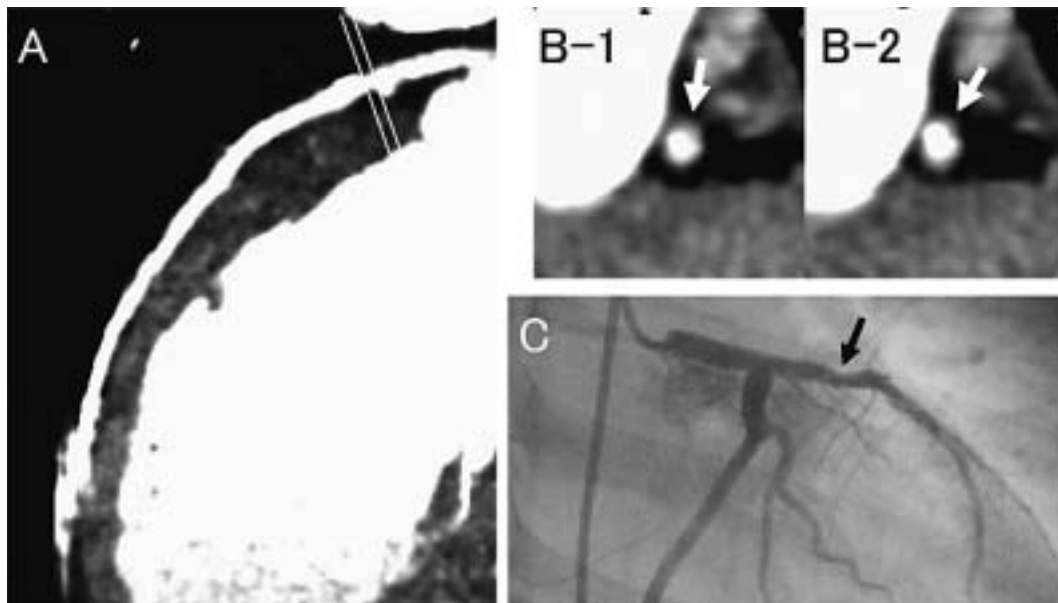


Fig. 3 Case 7. Multislice spiral computed tomography images and coronary angiogram

Contrast medium enhances a vessel wall irregularity in the proximal LAD in the volume rendered image (*A*). Intimal hypertrophy (*white arrows*) is detected in the proximal LAD in the trans-axial MPR image (*B-1, B-2*). There is a vessel wall irregularity along the proximal LAD (*black arrow*) on the coronary angiogram (*C*).

Abbreviations as in Table 1, Fig. 1.

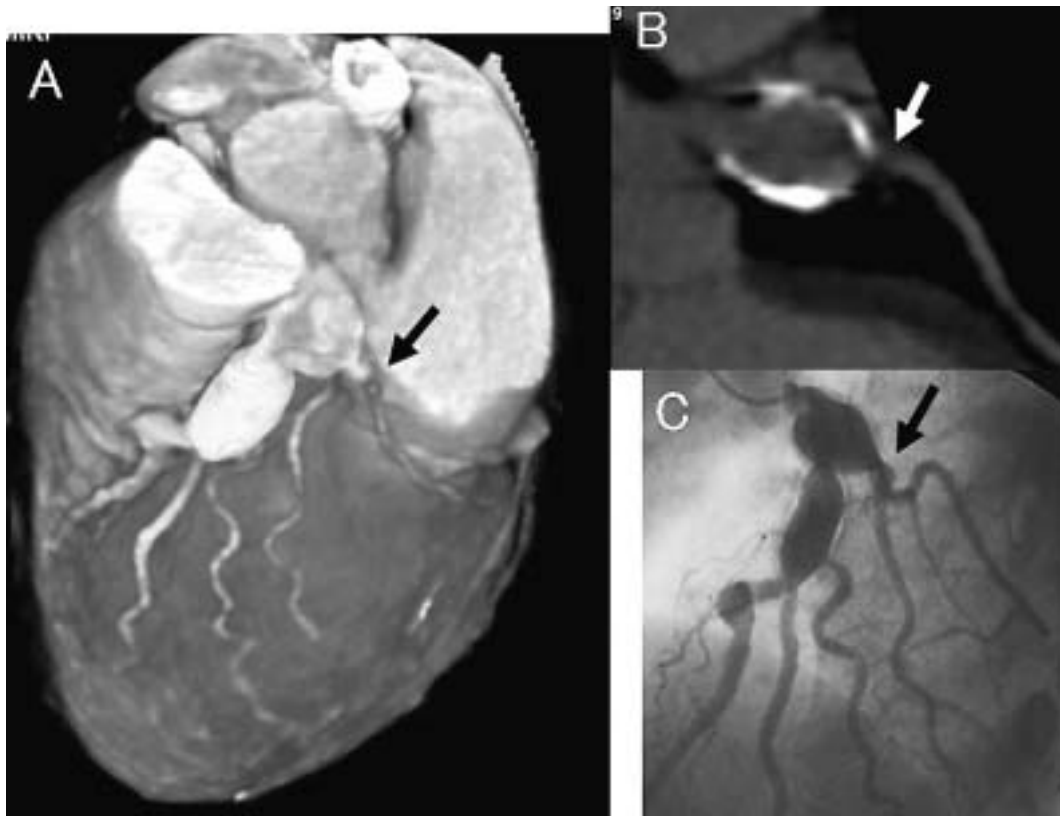


Fig. 4 Case 4. Multislice spiral computed tomography images and coronary angiogram

A stenosis (75%) is detected along the proximal left circumflex just distal to a giant calcified aneurysm (arrows) in the volume rendered image (A) and in the linear MPR image (B). However, no stenosis is seen along the proximal left circumflex just distal to a giant aneurysm (arrow) on the coronary angiogram (C). Abbreviation as in Fig. 1.

病後の重症冠動脈障害の遠隔期評価をMSCTで行う施設が増加している。川崎病は小児期、とくに10-12カ月の乳児期をピークとし、4歳以下に好発する疾患で、急性期に冠動脈拡張および冠動脈瘤に伴う血栓形成が問題になる。遠隔期には瘤形成部位の退縮に伴う冠動脈狭窄への進行、および同支配領域の虚血や梗塞が問題になる。巨大石灰化瘤や高度狭窄例でも、心血管イベントなしで経過している症例が多いのも特徴である。しかし、このような重症例には、定期的冠血流評価が不可欠であり、従来はその役割をCAGのみが担っていた。当科では2002年以降、累積35例の遠隔期の経過をMSCTを用いて評価している。しかし、川崎病症例を対象とする場合に、MSCT評価の適応には限界がある。

第1の問題は対象年齢である。当科では16列機器を使用しているが(2002年当初は4列機器)、正確かつ

有用な画像を構築するためには、呼吸および心電図同期が必須条件である。この条件から小学校高学年が対象の境界になる。急性期は低年齢であり、MSCTの適応にならない。しかし、多列機器のめざましい進歩により、この利用限界は解消されつつある。

第2の問題は放射線被曝である。Colesら²⁾によれば、16列MSCTによる冠動脈撮影の被曝量が14.7mSvであったのに対して、通常のCAGでは5.6mSvであった。胸部X線写真では、約0.1-0.2mSvであり、16列MSCTではその100-200倍の被曝量である。放射線被曝を軽減するための撮影法の改善努力は今後も継続されるであろうが、検査適応を明確にしなければならない。

CAGとの比較におけるMSCTの利点は、放射線被曝を除いた安全性である。CAGは本検討の対象である年長者に対しては、肘動脈からのアプローチが可

能であるが、検査中のトラブルの可能性をゼロにすることはできない。一方、MSCTでは、造影剤のアレルギーを除けば検査トラブルのリスクはほとんどない。ワークステーションによる処理時間は、ハードウェア、ソフトウェアの進歩とともに著しく短縮されてきている。小児領域の冠動脈撮影を対象としたMSCTの問題点について検討されるべき点は多いが、思春期から青年期を対象とした川崎病重症冠動脈障害の遠隔期の経過観察は、CAGと比較しての詳細な画像情報や簡便性を踏まえると、MSCTが実用的な方法であると考えられる。

川崎病重症冠動脈障害の評価におけるMSCTの有有用性について、我々はCAGと比較検討し、MSCTの有意狭窄性病変(50%以上)検出に対する感度は87.5%、特異度92.5%であることを報告した³⁾。この検討結果を含め、MSCTは川崎病重症冠動脈障害の経過観察に有用な方法として、重要な画像診断法になっている。今回の検討では、川崎病の特徴である高度石灰化冠動脈病変の形態診断および内膜肥厚について、CAGと比較検討した結果、MSCTが新たな情報を提供することがわかった。また、石灰化病変の形態を把握することは、川崎病遠隔期の冠動脈インターベンションの施行時に必要不可欠である⁴⁾。巨大瘤に認められる石灰化形態の“一部”は透視下でも確認可能であるが、MSCTでは石灰化の内部形態を含めた詳細な局在の評価が可能である。とくに石灰化が全周性であるか辺在性であるかについては、同部位がインターベンションの適応になるか、あるいはインターベンション施行時の合併症リスクがどの程度のものであるかの判断材料になる。川崎病重症冠動脈病変に対するインターベンション適応のほとんどは、遠隔期の高度石灰化瘤近傍における高度狭窄の改善である。とくに左前下行枝領域の病変は、ロータブレード治療の対象となることが多く、MSCT評価の重点領域である。狭窄および内膜肥厚の評価について、4列および16列機器による解像度の限界はあるものの、とくにlinear MPR像とtrans-axial MPR像は、CAGと冠動脈血管内エコー法の役割を果たしている。川崎病後の冠動脈障害と成人領域の虚血性心疾患との異なる点は、川崎病後の多くが多枝病変であること、石灰化瘤内のスペースが非常に大きい点が挙げられる。これは血管内エコー法の評価が難しいばかりでなく、1回のカテーテル検査で全病

変のチェックがほぼ不可能であることを意味する。さらにMSCTの利点は、検査後も常時、病変部のtrans-axial MPR像をはじめとする画像の作成が可能である点である。しかし、MSCT評価の注意点としては、冠動脈石灰化病変近傍の評価は、部分容積効果による狭窄病変の過大評価をすることである。

川崎病の虚血評価に対するMRIの有有用性については、国内外でも非常に評価をされている^{5,6)}。MSCTと磁気共鳴画像(magnetic resonance imaging: MRI)の比較において、MSCTがMRIと比べて劣るところは、被曝がある点である。さらには造影剤を使用する点が挙げられる。MRIと比較して優れている点は、狭窄評価に対する解像度、巨大瘤に伴う石灰化や内膜肥厚の評価に有効な点が挙げられる。また、MSCTにおける造影剤の描出は、狭窄部位における確実な血流の存在を意味しており、MSCTは病変部をより生理的に評価する方法といえる。

MSCTによる冠動脈評価の限界の一つとして、形態評価が中心である点が挙げられる。我々の施設をはじめMSCTを利用した心筋バイアビリティの評価を試みている施設があるが、実用的なレベルではない。心臓核医学検査⁷⁾は、この点において虚血の質的診断が中心になり、MSCTの弱点を補完できる方法である。当科では、MSCTと運動負荷心筋シンチグラフィの組み合わせによる低侵襲的冠血流評価を行っている⁸⁾。MSCTの単独評価の弱点の一つは、石灰化瘤近傍の冠動脈評価で狭窄所見として疑陽性を示すことがある点である。同評価でMSCT所見が陽性で、運動負荷心筋シンチグラフィ所見が陰性の場合には、CAGによる評価も追加するべきである。川崎病重症冠動脈障害の評価は、MSCTによる冠動脈形態(巨大瘤、石灰化や高度狭窄の有無)および心臓核医学検査の冠血流評価によるマルチモダリティの評価を行うべきである。

遠隔期川崎病重症冠動脈障害のほとんどは無症候性であり、計画された冠動脈血行動態評価が重要である。とくに成人期に達する川崎病既往例の外来管理におけるMSCTは、川崎病冠動脈障害の病態把握に有用な情報を提供する診断法である。

結 論

川崎病重症冠動脈障害の評価として、MSCTは石灰

化病変の形態診断および内膜肥厚の評価に有用であった。MSCTは川崎病遠隔期の冠動脈インターベンションの適応およびフォローアップに応用できるモダリティである。

謝 辞

ご指導いただいた日本大学医学部小児科主任教授の麦島秀雄先生に深謝します。

要 約

目 的: 川崎病重症冠動脈障害を対象として、選択的冠動脈造影(CAG)では明らかにできず、マルチスライスコンピューター断層撮影(MSCT)により新たに判明した所見(石灰化病変, 狭窄性病変, 内膜肥厚)を検討した。

方 法: 対象は川崎病罹患後に重症冠動脈障害を合併した18例で, CAGで17例に冠動脈狭窄, 全例に冠動脈瘤が認められた。平均年齢は21.7歳(範囲13-34歳)であった。MSCTはSiemens SOMATOM Volume Zoom(4列)またはToshiba Aquillion 16(16列)を用いた。石灰化病変, 狭窄性病変および内膜肥厚の検索を各冠動脈領域について行った。CAG所見とMSCT所見を比較検討した。

結 果: MSCTで明らかになった所見は18例中11例(61%)に認められた。冠動脈瘤内石灰化は18例中11例(61%)で, CAG上の冠動脈瘤は, 全周性石灰化と判明したものが4例, 辺在性と判明したものが5例, および全周性と辺在性が混在していたものが2例であった。狭窄性病変は18例中6例(33%)で, すべてに冠動脈瘤の石灰化が認められた。内膜肥厚は18例中2例(11%)に認められた。2例の内訳として, 左冠動脈本幹に内膜肥厚が認められた例は左前下行枝に巨大石灰化冠動脈瘤が, 左前下行枝に内膜肥厚が認められた例は左前下行枝の別の部位に辺在性石灰化冠動脈瘤が認められた。MSCT疑陽性例は石灰化冠動脈瘤の近傍で高度狭窄と判定した2例で, CAGの再検査で有意狭窄が認められなかった。

結 論: 川崎病重症冠動脈障害の評価として, MSCTは石灰化病変の形態診断および内膜肥厚の評価に有用であった。MSCTは川崎病遠隔期の冠動脈インターベンションの適応決定およびフォローアップに重要な画像診断法になることが期待できる。

J Cardiol 2007 Jul; 50 (1): 21-27

文 献

- 1) Sato Y, Matsumoto N, Ichikawa M, Kunimasa T, Iida K, Yoda S, Takayama T, Uchiyama T, Saito S, Nagao K, Tanaka H, Inoue F, Furuhashi S, Takahashi M, Koyama Y: Efficacy of multislice computed tomography for the detection of acute coronary syndrome in the emergency department. *Circ J* 2005; **69**: 1047-1051
- 2) Coles DR, Smail MA, Negus IS, Wilde P, Oberhoff M, Karsch KR, Baumbach A: Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006; **47**: 1840-1845
- 3) Kanamaru H, Sato Y, Takayama T, Ayusawa M, Karasawa K, Sumitomo N, Harada K: Assessment of coronary artery abnormalities by multislice spiral computed tomography in adolescents and young adults with Kawasaki disease. *Am J Cardiol* 2005; **95**: 522-525
- 4) Tsuda E, Miyazaki S, Yamada O, Takamuro M, Takekawa T, Echigo S: Percutaneous transluminal coronary rotational atherectomy for localized stenosis caused by Kawasaki disease. *Pediatr Cardiol* 2006; **27**: 447-453
- 5) Suzuki A, Takemura A, Inaba R, Sonobe T, Tsuchiya K, Korenaga T: Magnetic resonance coronary angiography to evaluate coronary arterial lesions in patients with Kawasaki disease. *Cardiol Young* 2006; **16**: 563-571
- 6) Greil GF, Stuber M, Botnar RM, Kissinger KV, Geva T, Newburger JW, Manning WJ, Powell AJ: Coronary magnetic resonance angiography in adolescents and young adults with Kawasaki disease. *Circulation* 2002; **105**: 908-911
- 7) Karasawa K, Miyashita M, Taniguchi K, Kanamaru H, Ayusawa M, Noto N, Sumitomo N, Okada T, Harada K: Detection of myocardial contractile reserve by low-dose dobutamine quantitative gated single-photon emission computed tomography in patients with Kawasaki disease and severe coronary artery lesions. *Am J Cardiol* 2003; **92**: 865-868
- 8) 唐澤賢祐, 金丸 浩, 阿部 修, 宮下理夫, 谷口和夫, 鮎沢 衛, 住友直方, 岡田知雄, 原田研介, 井上文央, 佐藤裕一: 川崎病冠動脈障害における低侵襲的冠血流評価. *日大医誌* 2004; **63**: 235-238