OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Multi-detector CTによる冠動脈描出能および狭窄病変に対する診断能の検討
Author(s)	高橋, 修司; 似鳥, 俊明; 横山, 健一 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2002, 62(14), p. 808-815
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20661
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Multi-detector CTによる冠動脈描出能および狭窄病変に対する診断能の検討

高橋　修司[1)]　似鳥　俊明[1)]　横山　健一[1)]
蜂屋　順一[1)]　可知　英生[2)]　吉野　秀朗[2)]

1)杏林大学医学部放射線科　2)同　内科

Detection and Diagnosis of Coronary Arteries using Multi-detector CT

Syuji Takahashi[1)], Toshiaki Nitatori[1)], Kenichi Yokoyama[1)], Jyunichi Hachiya[1)], Eisei Kachi[2)], and Hideaki Yoshino[2)]

Objective: In this study coronary arteries were compared and evaluated in 41 cases using multidetector CT with slice thicknesses of 2 mm and 1 mm. All 323 segments including #1-3, 5-8, and 11 [based on the American Heart Association (AHA) classification system] were used: 163 segments of 2 mm and 160 segments of 1 mm.
Methods: The images obtained were separated into fivelevels (0-4 points) of cardiac motion artifacts and evaluated based on volume rendering (VR) and partial maximum intensity projection (partial MIP). Results: Of the results obtained, slice images of 1 mm in thickness were superior to those of 2 mm by 15.4% for sensitivity, 7.5% for specificity, and 8.2% for accuracy. On evaluation by segment, diagnostic accuracy was 2.88±0.57 for 2-mm slices and 3.28±0.59 for 1-mm slices of the left coronary artery, and 2.11±0.82 for 2-mm slices and 2.33±0.67 for 1-mm slices of the right coronary artery. Particularly for #6, a significantly high value was found for 1-mm slices ($p<0.05$). Diagnostic accuracy was low in groups #2 and #3.
Conclusion: On the basis of these findings, we were persuaded of the usefulness of MDCT for the evaluation of coronary arterial stenosed lesions, and we consider that diagnostic capability is improved by using thinner slices. We concluded that further studies would be necessary for visualization of the right coronary artery, which was seriously affected by cardiac motion artifacts.

Research Code No.: 507

Key words: *Coronary artery Multi-detector CT, Volume Rendering(VR), Partial Maximum Intensity Projection(Partial MIP)*

Received June 28, 2002; revision accepted Oct. 24, 2002

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

別刷請求先
〒181-8611　東京都三鷹市新川6-20-2
杏林大学医学部放射線科
高橋　修司

緒　言

冠動脈に対するCTの臨床応用は，主に電子ビームCTやヘリカルCTを用いた冠動脈石灰化の定量化が主流であり[1)-8)]，造影剤を用いて冠動脈を直接描出しようとする試みは多くはなされておらず，その報告は少ない[9)-13)]．その理由としては，冠動脈は径が2～4mmと細いこと，また，心拍動や呼吸の影響を大きく受けるなど冠動脈の画像診断には不利な条件が多いことが挙げられる．近年開発された多列検出器高速CT (multidetector CT；以下MDCT) は，従来のヘリカルCTより格段に優れた時間および空間分解能を有し，心電同期システムを併用することで心拍動によるアーチファクトも低減可能となり，冠動脈のような細小血管の評価への応用が可能となってきた．われわれは冠動脈狭窄病変の診断にMDCTの応用を試み，低侵襲的冠動脈造影の可能性を探っているが，カテーテルを用いた通常冠動脈造影との比較を行い，本法による冠動脈の描出能および狭窄病変の診断能を検討した．さらに，われわれは併せて，2mmスライス厚と1mmスライス厚による2通りの冠動脈MDCT撮影を施行し，スライス厚の違いによる冠動脈正常血管，狭窄病変の描出能およびセグメントごとの描出能を通常冠動脈造影所見と対比し，スライス厚の差が診断能に与える影響も検討した．

対象および方法

対象は2000年8月～2001年7月までに冠動脈狭窄病変の評価を目的に連続的に通常冠動脈造影施行前後2週間以内に冠動脈のMDCTが施行可能であった計41例であり，その内訳は男性36例，女性5例，42～79歳，平均59.4歳である．41例中21例が2mmスライス厚，20例が1mmスライス厚の撮影条件でCT検査が行われた．不整脈症例はなく，心拍は52～94の幅であった．使用されたCT装置は撮影時間0.5秒/回転，検出器数4列のAquilion multidetector CT (東芝社製) である．撮影条件はX線管電圧120KVp，X線管電流300mAs，撮影スライス厚2mmまたは1mm，ヘリカルピッチ0.9～1.2とした．撮影前準備として，被験者の前胸部に電

極を装着し，心電波形を確認した後，撮影時の息止めを容易にするため5L/分の酸素吸入を行った．撮影は370mgI/mLの非イオン性ヨード造影剤を使用し，肘静脈から自動注入器オートエンハンスA-50(根本杏林堂)を用いて，最初の60mlを3mL/秒，残りの40mLを1.5mL/秒の割合で注入し，造影剤注入開始から25秒後より呼吸停止下に心基部から心尖部へ向かい，約10～15cmの範囲をヘリカルスキャンにて撮影した．画像再構成はretrospective ECG gated reconstructionにより行い，画像スライス厚2mm，再構成間隔1mm，または画像スライス厚1mm，再構成間隔0.5mm，心拍位相80%の条件で，ハーフ再構成による画像処理を行った．三次元画像処理システムとして，M900マキシマム(ZIO社製)を使用しvolume rendering(以下VR)画像とpartial maximum intensity projection(以下partial MIP)画像を作成した．評価対象とする冠動脈のセグメントはAmerican Heart Association(AHA)分類における右冠動脈Right coronary artery(以下RCA)＃1，2，3，左冠動脈Left coronary artery(以下LCA)のうち左主幹部Left main trunk(以下LMT)＃5，左前下行枝(Left anterior descending artery(以下LAD)＃6，7，8，左回旋枝Left circumflex artery(以下LCX)＃11の8セグメントとした．通常冠動脈造影にて確認された41例ののべ正常セグメント数は274，狭窄セグメント数は49であり，このうち2mmスライス厚で評価された正常セグメント数は141，狭窄セグメント数は22，1mmスライス厚で評価された正常セグメント数は133，狭窄セグメント数は27であった．評価は通常冠動脈造影の結果を見ずに，2名の放射線科専門医がワークステーションで作成されたVR画像とpartial MIP画像のフィルムをもとに評価し，冠動脈の描出能と狭窄病変の診断能を検討した．

画質評価

1)冠動脈描出能

最初に画質評価から行ったが，撮影時の心拍動に伴うアーチファクトに着目し，冠動脈の描出能をアーチファクトがなく診断は容易：4ポイント，軽度のアーチファクトを認めるが診断は十分可能：3ポイント，中等度のアーチファクトを認めるが診断は可能：2ポイント，高度のアーチファクトを認め診断は困難：1ポイント，冠動脈の描出が悪く診断不能：0ポイントの5段階に分類した．また，冠動脈に高度の石灰化を認め，冠動脈内腔の評価が困難な場合もアーチファクトによる評価とは異なるが診断不能であることから0ポイントに含めた．これらの診断基準に従い，2mmスライス厚と1mmスライス厚でセグメント別に診断可能な画像が得られた割合，すなわち2ポイント以上の画質が得られた割合を算出した．また，ポイントをmean±SDとして算出し，t-検定による統計学的検討(有意水準α=0.05)を行い，2通りのスライス厚撮影法間での有意差を検討した．

2)狭窄病変描出能

上記1)の2ポイント以上を狭窄病変の評価に用い，1ポイント以下は狭窄病変の検討から除外した．狭窄病変は通常冠動脈造影にて50%以上の限局性狭窄を対象とし，VR画像とpartial MIP画像の両者において冠動脈の狭小化として捉えることができた場合を狭窄有りと判定した．セグメントが連続性に描出され，その間に再現性のある狭窄を認めない場合，あるいは，任意の方向から観察して再現性のある狭窄を認めない場合を正常セグメントと判定した．このMDCTの結果を通常冠動脈造影所見と比較し，2mmスライス厚と1mmスライス厚別にsensitivity，specificity，positive predictive value，negative predictive value，accuracyを算出した．さらに，セグメント別でのsensitivity，specificity，accuracyも算出した．

結　果

1)冠動脈描出能

Table 1に各スライス厚群でセグメント別に2ポイント以上を示した割合を示す．診断可能な画像が得られたのは2mmスライス厚群では＃1，2，3で58セグメント中33セグメント(56.8%)，＃5，6，7，8，11で105セグメント中81セグメント(77.1%)であり，1mmスライス厚群ではそれぞれ60セグメント中38セグメント(63.3%)，100セグメント中86セグメント(86.0%)であった．全体では2mmスライス厚群では163セグメント中111セグメント(68.0%)，1mmスライス厚群では160セグメント中124セグメント(77.5%)で診断可能な画像が得られ，結果として，1mmスライス厚群の方が高い描出能を示した．一方，1ポイント以下の診断不能のセグメントに着目すると，2mmスライス厚群では52セグメント(32.0%)存在し，このうち，アーチファクトの影響を受けたものが41セグメント(78.8%)，石灰化の影響を受けたものが11セグメント(21.2%)であった．これをRCAとLCAに大別して評価すると，RCA＃1，2，3の26セグメント中，アーチファクトの影響を受けたものが22セグメント(84.6%)，石灰化の影響を受けたものが4セグメント(15.4%)，LCA＃5，6，7，8，11の26セグメント中アーチファクトの影響を受けたものが19セグメント(73.0%)，石灰化の影響を受けたものが7セグメント(27.0%)であった．1mmスライス厚群での検討では，36セグメント(22.5%)が診断不能であり，このうちアーチファクトの影響を受けたものが24セグメント(66.6%)，石灰化の影響を受けたものが12セグメント(33.4%)であった．これをRCAとLCAに分けて検討するとRCA＃1，2，3の22セグメント中，アーチファクトの影響を受けたものが16セグメント(72.7%)，石灰化の影響を受けたものが6セグメント(27.3%)，LCA＃5，6，7，8，11の14セグメント中，アーチファクトの影響を受けたものが8セグメント(57.1%)，石灰化の影響によるものが6セグメント(42.9%)であった．これらをまとめると，診断不能となったのべ88セグメント中65セグメント

Table 1

	2mm slice thikness	1mm slice thickness
Seg. 1	14/21 (66.6%)	17/20 (85.0%)
Seg. 2	13/21 (61.9%)	13/20 (65.0%)
Seg. 3	6/16 (37.5%)	8/20 (40.0%)
Seg. 5	18/21 (85.7%)	19/20 (95.0%)
Seg. 6	16/21 (76.1%)	17/20 (85.0%)
Seg. 7	15/21 (71.4%)	17/20 (85.0%)
Seg. 8	15/21 (71.4%)	16/20 (80.0%)
Seg. 11	17/21 (80.9%)	17/20 (85.0%)
Average	111/163(68.0%)	124/160(77.5%)

Seg: segment

Table 2

	2mm slice thikness	1 mm slece thickness	p value
Seg. 1	2.56±0.54	2.67±0.44	ns
Seg. 2	2.24±0.99	2.54±0.74	ns
Seg. 3	1.53±0.96	1.79±0.85	ns
Average	2.11±0.82	2.33±0.67	
Seg. 5	3.51±0.67	3.84±0.77	ns
Seg. 6	2.81±0.56	3.77±0.63	p<0.05
Seg. 7	2.77±0.74	2.99±0.59	ns
Seg. 8	2.47±0.31	2.93±0.48	ns
Seg. 11	2.81±0.43	2.95±0.42	ns
Average	2.88±0.57	3.28±0.59	

Seg: segment

(73.8%)がアーチファクトの影響で1ポイント以下の画像となった．

セグメント別のmean±SDをTable 2に示す．LCAについては，2mmスライス厚群で平均2.88±0.57，1mmスライス厚群で3.28±0.59の値を示した．RCAでは2mmスライス厚群で2.11±0.82，1mmスライス厚群で2.33±0.67の値を示し，RCAはLCAと比較し，低いポイントであった．セグメント別の結果では，#5が1mmスライス厚群で3.84±0.77，2mmスライス厚群で3.51±0.67といずれのスライス厚でも対象のセグメントの中で最も高いポイントを示した．また，#6は1mmスライス厚群で3.77±0.63，2mmスライス厚群で2.81±0.56と1mmスライス厚群の方が有意に高いポイントを示した($p<0.05$)．#8は2mmスライス厚で2.47±0.31とLCAの中では低いポイントを示した．#11はLCXの近位部であるが，2mmスライス厚で2.81±0.43，1mmスライス厚で2.95±0.42と決して高いポイントを示さなかった．RCAでは#2，3がいずれのスライス厚においても低いポイントに留まり，特に，#3は診断可能とする2ポイントに満たない値であった．以上より，LMTとLADはRCAと比較し，アーチファクトの影響を受けにくい領域と診断された．LCXは近位部の#11を評価したにも関わらず，いずれのスライス厚でもLADほどの高いポイントが得られず，アーチファクトの影響を受けやすい結果となった．RCAでは1mmスライス厚で評価するとポイントの高いアーチファクトの少ない画像が得られた症例も経験したが(Fig. 1A～C)，全体としては，いずれのスライス厚で評価してもポイントが低く，アーチファクトの影響を最も受ける領域と診断された(Fig. 2A～C)．

2)狭窄病変描出能

通常冠動脈造影をgolden standardとした場合の2mmスライス厚群と1mmスライス厚群のsensitivity，specificity，positive predictive value，negative predictive value，accuracyをTable 3に示す．対象は上記1)で検討可能としたのべ235セグメントである．sensitivity，specificity，accuracyは2mmスライス厚群で56.0%(9/16)，78.9%(75/95)，75.6%(84/111)，1mmスライス厚群で71.4%(15/21)，86.4%(89/103)，83.8%(104/124)であり，1mmスライス厚における狭窄病変に対する診断能の向上が確認された(Fig. 3A～C)．偽陽性症例は2mmスライス厚群で20セグメント，1mmスライス厚群で14セグメント存在し，偽陰性症例は2mmスライス厚群で7セグメント，1mmスライス厚群で6セグメント存在した．検討の中でポイントが0または1と評価され，診断が困難であったセグメントに着目すると，2mmスライス厚群では対象となったのべ163セグメント中52セグメント(32.0%)が評価困難であり，その内訳は52セグメント中46セグメント(88.4%)が正常血管，6セグメント(11.6%)が狭窄病変であった．一方，1mmスライス厚ではのべ160セグメントが評価対象となったが，評価困難であったものは，36セグメント(22.5%)であり，その内訳は正常血管30セグメント(83.3%)，狭窄病変6セグメント(16.4%)であった．セグメント別の狭窄病変描出能としてTable 4に2mmスライス厚，Table 5に1mmスライス厚の結果を示す．specificityとaccuracyについては#11のaccuracyを除き1mmスライス厚の方が2mmスライス厚より高い値を示した．#1と#11において，2mmスライス厚でsensitivity 100%を示したが，これは対象となったセグメントが1つでいずれも正診であったためである．1mmスライス厚では#5でaccuracy100%，#6，7，8についてもそれぞれ88.8%，88.8%，87.5%と高い正診率を示した．1mmスライス厚における#11のsensitivityは66.6%とLAD領域と比較して低い正診率であった．#2と#3ではいずれのスライス厚でもsensitivityは50%以下と低い正診率であった．

考　察

増加する冠動脈疾患に対する低侵襲的検査への期待は高い．従来よりこの領域におけるCTを用いた主な報告は，電子ビームCTやヘリカルCTによる冠動脈石灰化の定量化に関するものであり[1)-8)]，冠動脈疾患の危険因子の指標として臨床的に用いられることがある．ヨード造影剤を用いて冠動脈を直接描出する試みは，過去に電子ビームCTや従来のヘ

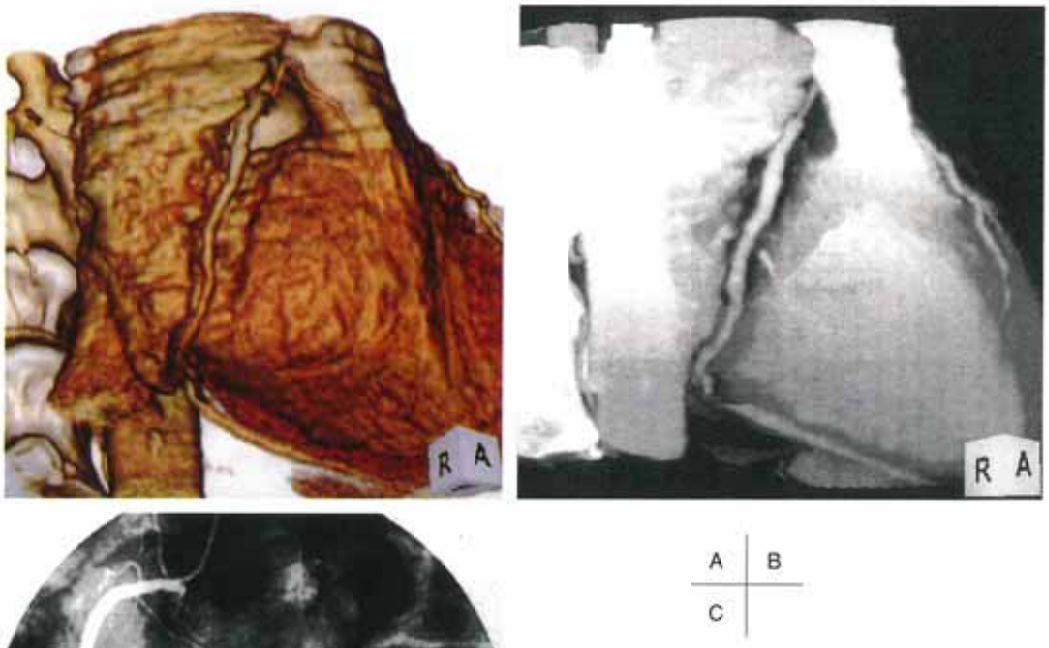

Fig. 1A～C　A 58-year-old man who complained of chest discomfort. It is comfirmed that the presence of stenosis at left anterior descending artery.
A: Volume rendering image at 1mm slice thickness demonstrates no stenosis in right coronary artery and cardiac motion artifact is not seen.
B: Partial maximum intensity projection image also demonstrated clear without cardiac motion artifact.
C: Conventional coronary angiogram reveals no stenosis.

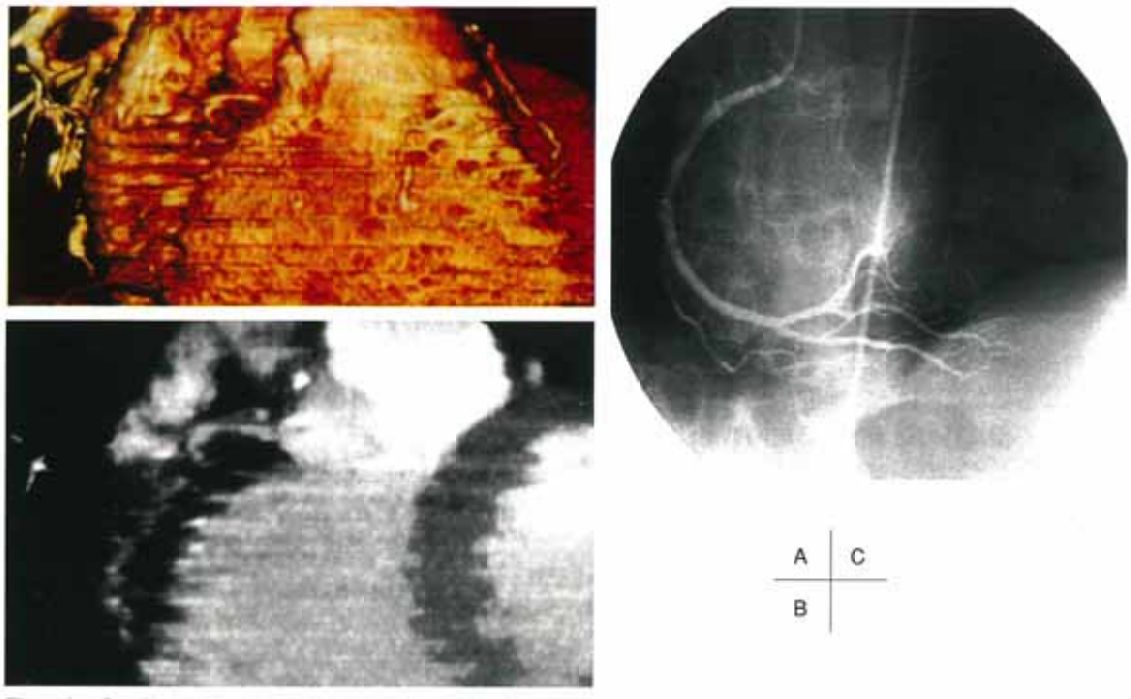

Fig. 2A～C　A 63-year-old man without stenosis of right coronary artery on conventional coronary angiogram.
A: Volume rendering image at 2mm slice thickness reveals cardiac motion artifact in right coronary artery.
B: Partial maximum intensity projection image also reveals artifact and was difficult in evaluation of stenosis.
C: Conventional coronary angiogram reveals no stenosis.

Table 3

	2mm slice thickness	1mm slice thickness
Sensitivity	9/16 (56.0%)	15/21 (71.4%)
Specificity	75/95 (78.9%)	89/103(86.4%)
PPV	9/29 (33.3%)	15/29 (51.7%)
NPV	75/82 (91.4%)	89/95 (93.6%)
Accuracy	84/111(75.6%)	104/124(83.8%)

PPV: positive predictive value, NPV: negative predictive value

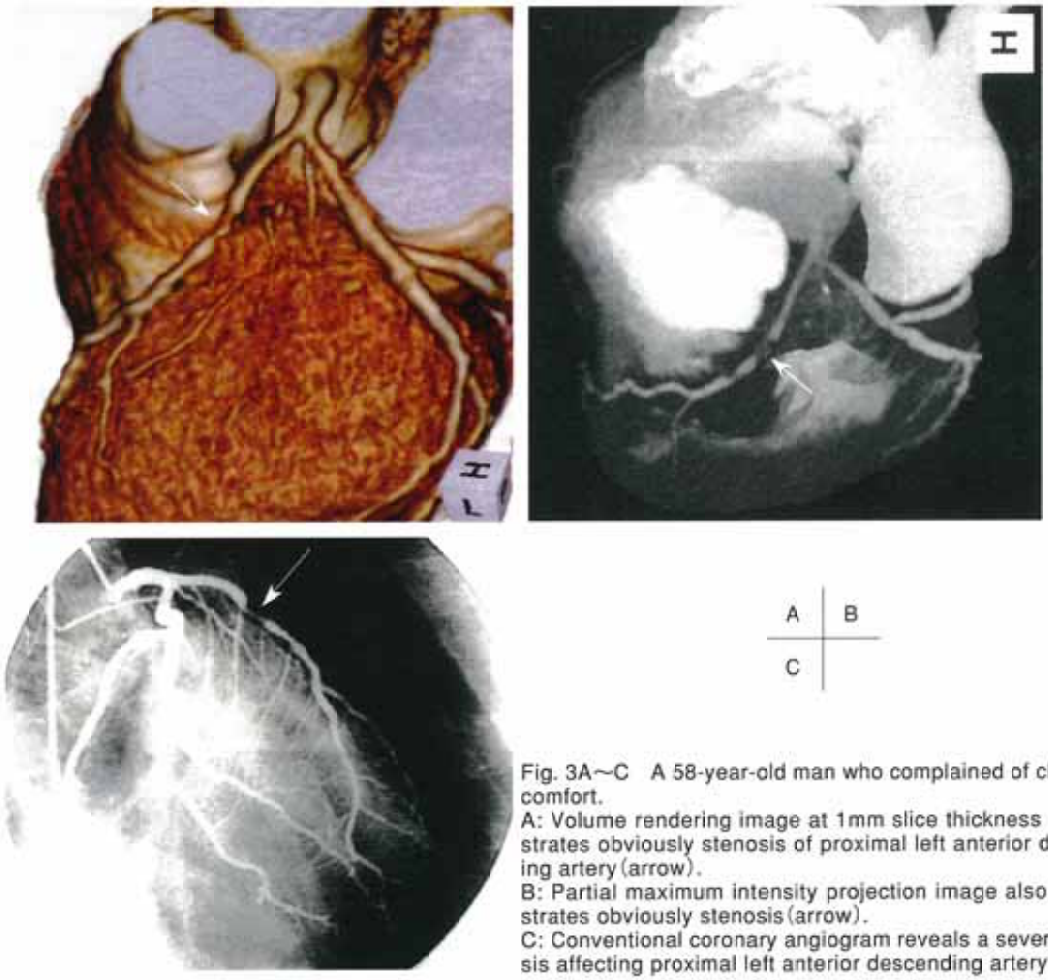

Fig. 3A～C A 58-year-old man who complained of chest discomfort.
A: Volume rendering image at 1mm slice thickness demonstrates obviously stenosis of proximal left anterior descending artery (arrow).
B: Partial maximum intensity projection image also demonstrates obviously stenosis (arrow).
C: Conventional coronary angiogram reveals a severe stenosis affecting proximal left anterior descending artery (arrow).

リカルCTを用いて行われているが[9)-13)]，積極的には広く臨床応用されていないのが現状である．その理由として，冠動脈が画像診断に不利な点に加え，電子ビームCTは装置が高価であること，心臓以外の領域での臨床的汎用性が乏しいなどの点から普及していない現状がある．従来のヘリカルCTではMDCTほどの時間および空間分解能を有しておらず，心拍動の影響を受ける細い冠動脈を良好に描出することが困難であることが挙げられる．

1999年に入り，従来のヘリカルCTより高速，広範囲撮影および高分解能ボリュームデータ収集が可能なMDCTが登場し，大血管や細い血管など連続性をもった管腔構造を優れた三次元画像として描出できるようになった[14)-17)]．さらに，心電同期システムの使用が可能となり，最近では冠動脈にもMDCTが臨床応用されるようになった．従来のヘリカルCTで造影剤を使用し，冠動脈を描出する試みは，安野らが心筋拡張再構成法という方法で行っており，AHA分類#1，2，5，6，11を対象とし，平均描出能72%と報告している[12)]．Achenbachらは，電子ビームCTを用いて，AHA分類#1，2，5，6，7，8(近位1/2)，11，13を対象とした90%以上の高度狭窄病変の評価を行い，全体で評価可能なセグメントが得られた割合75%，sensitivity 92%，specificity 94%，LMTのsensitivity 0%，sensitivity 99%，LADのsensitivity 98%，specificity 88%，LCXのsen sitivity 78%，specificity 88%，RCAのsen sitivity 93%，specificity 96%と高い診断能を示している[10)]．また，Nakanishiらも50%以上の狭窄病変を対象として，電子ビームCTを用いた報告を行っ

Table 4

Visualization point	Seg.1	Seg.2	Seg.3	Seg.5	Seg.6	Seg.7	Seg.8	Seg.11
Sensitivity(%)	100.0	50.0	0.0	66.6	50.0	33.3	66.6	100.0
Specificity(%)	69.2	63.6	40.0	93.3	71.4	83.3	75.0	81.3
Accuracy(%)	71.4	61.5	33.3	88.8	68.7	73.3	73.3	82.3

Table 5

Visualization point	Seg. 1	Seg. 2	Seg. 3	Seg. 5	Seg. 6	Seg. 7	Seg. 8	Seg. 11
Sensitivity(%)	100.0	33.3	50.0	100.0	75.0	100.0	50.0	66.6
Specificity(%)	71.4	70.0	50.0	100.0	92.3	86.6	92.8	85.7
Accuracy(%)	81.1	61.5	50.0	100.0	88.8	88.8	87.5	82.3

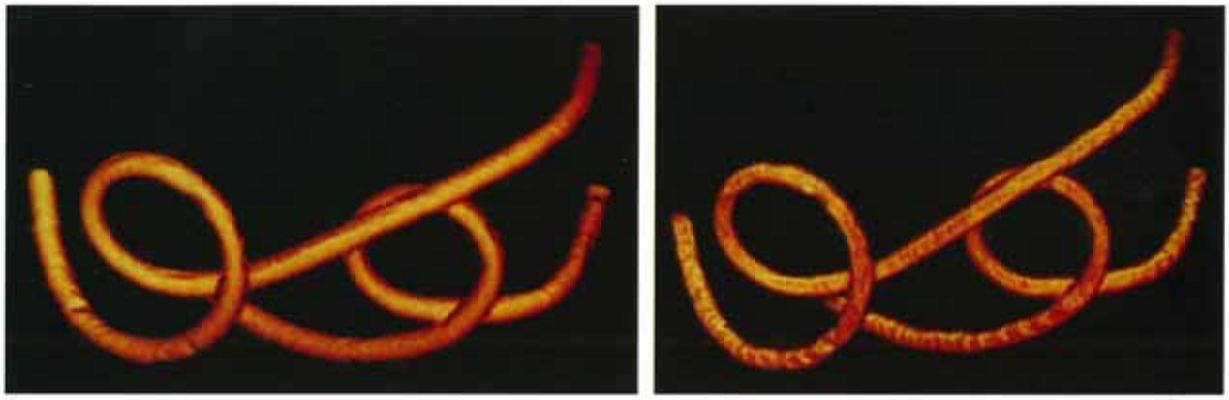

Fig. 4A, B　Tube fantom image.
A：1mm slice thickness image almost reveals regular internal lumen.
B：2 mm slice thickness image reveals irregular internal lumen.

A　B

ており，LMTのsensitivity100%，specificity100%，LADのsensitivity 83%，specificity 84%，LCXのsensitivity 67%，specificity 96%，RCAのsen sitivity 63%，specificity 79%と報告している[11]．

冠動脈病変の評価にMDCTを臨床応用した報告は少ないが[18)-20)，25)-27)]，Beckerらは，MDCTによる3D-CTAで50%以上の冠動脈狭窄病変に対する検討でsensitivity 95%，specificity 80%と述べており，MRAと同等の診断能を示したと報告している[18]．われわれの検討では，スライス厚を2mmから1mmにすることで狭窄病変を含めた冠動脈描出能の向上，偽陽性，偽陰性症例数の減少，評価困難なセグメントの減少が得られた．1mmスライス厚での狭窄病変の正診率は，全体でsensitivity 71%，specificity 92%,accuracy 83%，LMTのsensitivity 100%，specificity 100%，accuracy 100%，LADのsensitivity 75%，specificity 90%，accuracy 88%，LCXのsen sitivity 67%，specificity 86%,accuracy 82%，RCAのsensitivity 57%，specificity 70%，accuracy 67%であり，RCA領域を除くとMRAを含めた従来の報告にほぼ匹敵する結果を得た．これは体軸方向に対して平行に走行する管腔構造を再構成した際に生じるいわゆるきしめん現象や体軸方向に対して垂直方向に走行する管腔構造を再構成した際に生じる偽狭窄など三次元再構成で生じる血管の不整像がスライス厚を薄くすることで軽減されたことに起因すると考えられる[21]．われわれは，今回の臨床検討の基礎的裏付けとして，100倍希釈した造影剤を透明なチューブ内に満たし，それを冠動脈にみたてた立体模型を作り，描出能に関する静態ファントム実験を行った．実験では，2mmスライス厚で撮影されたVR画像で，蛇行するチューブ内腔辺縁の不整所見が認められた．一方1mmスライス厚のVR画像では，明らかな不整所見は認められず，なめらかでほぼ均等な幅をもった管腔構造として描出することができた(Fig. 4A，B)．このファントム実験からからも，より再現性の高い画像を得るためには，対象の向きによる歪みのない再構成画像を得ることが重要で，0.5mmスライス厚など体軸方向の空間分解能が横断像と等しい等方性ボクセルデータによる画像収集が理想と考えられる．ただし，現状では0.5mmスライス厚で撮影すると，本CT装置では冠動脈全域を息止めの可能な時間で撮影することは困難となり，大幅に検査範囲が制限される．そのため，0.5mmスライス厚での画像評価は行っていないのが現状である．

心拍動に伴うアーチファクトは冠動脈の評価を大きく左右する因子と考えられる．従来のヘリカルCTでの検討で，ret-

rospectiveな心電同期再構成を行うことでアーチファクトが軽減できたとする報告がみられるが[22]，今回の検討では，RCAの特に#2，#3がいずれのスライス厚でもアーチファクトの影響を大きく受け，結果として低い正診率となった．この原因として，RCAが右房と右室の間の旁室間溝を走行するため，拡張期で再構成した場合，この時相ではRCAが心拍動の影響を受けやすくなるといった解剖学的生理学的要因の関与が推測される．そのためいかに薄いスライス厚にしても心拍動に伴うアーチファクトを十分軽減できるほどの画像を得ることができなかったと考えられる．#11についても描出能のポイントがLADに比較して低かったが，アーチファクトの影響が関与した結果と思われる．河輪らは，retrospective ECG-gating法を用い，X線ビーム幅1mm，テーブル移動1mm/回転，0.1mm間隔，心拍位相80％と60％で画像再構成を行って冠動脈の描出能の検討を行っており，RCAやLCXを評価する場合，症例によっては心拍位相を60％とする方が80％より心拍動によるアーチファクトが軽減されたと述べている[23]．これは心拍位相の設定を左室拡張充満期より早い時相を選択して画像再構成を行っていることになる．Achenbachらは，電子ビームCTでの検討で，心拍動による冠動脈の動きの平均速度に着目し，最も速度の遅いR-R間隔の48％での時相，すなわち収縮期をデータ収集に用いるとRCAは評価しやすいと述べている[24]．これらの報告からRCAを良好に描出するには心拍位相を60％程度あるいは50％以下と低く設定し，収縮期のデータを用いて再構成を行うなどの工夫も考慮されるべきと思われる．現状では左右の冠動脈を同時に評価することが多く，実際は心拍位相80％で画像再構成を行い，RCAを評価する場合に限り，このような撮影法を選択しても良いと考えられる．しかし，心拍位相80％で再構成しても全くアーチファクトのない画像が得られる症例も経験しており，RCAを評価する場合の心拍位相の設定にはなお検討が必要と考えられる．

一般的に冠動脈描出能を左右する因子を考えた場合，患者側因子とハード・ソフト両面での機器側因子に分けることができる．患者側因子で重要なのは心臓自体の動き，すなわち，心拍動であり，特に，高心拍，期外収縮などの不整脈，撮影時の心拍変動などは画質を劣化させる原因になると考えられる．実際に心拍数平均66回/分以下では良好な冠動脈画像が得られたが，それ以上では画質が劣化し，診断に支障をきたしたとする報告がみられる[23]．われわれも高心拍や撮影時の心拍変動が大きいために画像が劣化し，診断に苦慮した症例を経験している．その対処法として，心拍数を減少させるために前投薬としてβブロッカーを投与して撮影した報告もみられるが[12]，われわれの経験はない．撮影時の息止めの状態も画質の優劣に影響を与えることは言うまでもない．スライス厚1mm，ヘリカルピッチ1.0前後で心基部から心尖部まで約10cmの範囲を撮影すると，息止め時間は50秒程度となる．いかに検査前に高濃度の酸素吸入を行ったとしても，冠動脈に基礎疾患を有する患者にとって50秒程度の息止めを要する検査は苦痛なものになると考えられる．実際に撮影の後半で息止めが困難となり，結果として画質が劣化した症例も経験している．現状では画質を優先し，1mmスライス厚での撮影を行っているが，必ずしも左右冠動脈の広い範囲にわたるセグメントの評価を必要としない症例や長い呼吸停止が困難と思われる症例については，撮影範囲を限定することで息止め時間を短縮するよう工夫している．

冠動脈の石灰化はMDCTにて冠動脈の内腔を評価するうえで大きな妨げになる要素である．動脈硬化性石灰化，いわゆるハードプラークは，MDCTで明瞭に同定できる反面，その領域の内腔は逆に評価しにくくなり，径が正常か否かの判定が非常に困難となる．この対策として，三次元表示法の一つであるvirtual endoscopyが診断の一助となる可能性があり[13]，実際に高度の石灰化のためVR画像やpartial MIP画像で評価できない冠動脈の一診断法として試みることもある．また，石灰化を伴わないソフトプラーク部の狭窄を同定することも臨床的には重要である．その理由として，このような非石灰化性狭窄がいわゆるacute coronary syndromeの主原因といわれている黄色プラークをみている可能性があるからである．これをMDCTで指摘できれば臨床的意義が高まるものと思われる．このようなソフトプラークを伴う狭窄の評価にはmulti-planar reformation（以下MPR）法やcurved-planar reformation（以下CPR）法などの画像再構成法がプラークと狭窄を同時に描出することが可能である点から，その診断は血流の存在する内腔の評価が主体となる三次元画像より容易と思われる．Koppらはソフトプラークを伴う狭窄病変を含めた狭窄の評価にMPRやCPR，通常のaxial画像を用いて検討し，その描出における有用性を述べている[25),26]．また，AchenbachらもMPRにより冠動脈を良好に描出しており，冠動脈診断に関しての有用性を報告している[27]．今回の検討ではMPRやCPR画像を加えた評価は行っていないが，この画像評価法を付加すれば，狭窄病変の診断能はさらに向上した可能性は高く，症例に応じて今後の評価方法に加えるべきと考えている．

機器側からみた冠動脈描出能に関わる因子としては，スライス厚，ヘリカルピッチ，心拍位相などが挙げられる．このうちスライス厚は今回の検討からも画像の優劣に影響を与える因子であることが判明した．現在，冠動脈のMDCTでは，ハーフ再構成にかわり，時間分解能を向上させたセグメント再構成が汎用されているが，今後は検出器数の増加により，完全な等方性ボクセルデータによる診断が可能となり，時間・空間分解能をさらに向上させた優れた冠動脈画像が得られるようになると考えられた．

結　論

冠動脈にMDCTを臨床応用し，心拍動に伴うアーチファクトが冠動脈描出能に与える影響とスライス厚1mmと2mmでの正常血管，狭窄病変の診断能について検討し，以下の

結果を得た．

1）MDCTは冠動脈狭窄病変の描出に臨床応用の可能性をもつと考えられた．

2）1mmスライス厚では2mmスライス厚より正常血管，狭窄病変ともに高い描出能，診断能を示し，より薄いスライス厚による撮影での臨床的有用性が示唆された．

3）RCA，特に#2，#3は心拍動によるアーチファクトの影響が強く，LCAと比較し，MDCTによる冠動脈描出能，狭窄病変の診断能は悪かった．

以上の結果から，冠動脈領域に対するMDCTの臨床応用は可能と考えられ，より薄いスライス厚で撮影することで診断能の向上が図られると考えられた．今後検出器の多列化が進むことでさらに冠動脈領域での臨床応用は広がると考えられるが，心拍動によるアーチファクトの影響が大きいRCAの描出には心拍位相の適正化の検討などが必要と結論した．

文　献

1) Agastston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al: Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography.J Am Coll Carodiol 15: 827–832, 1990

2) Rumberger JA, Simons DB, Fitzpatrick LA, et al: Coronary arteries calcium area by electron beam computed tomography and coronary arteriosclerotic plaque area;A histopathologic correlative study. Circulation 92: 2157–2162, 1995

3) Schmermund A, Baumgart D, George G,et al: Non invasive visualization of coronary arteries with and without calcification by electron beam computed tomography. Herz 21: 118–126,1996

4) Moore EH, Greenberg RW, Merrick SH, et al: Coronary artery calcifications; significance of incidental detection on CT scans. Radiology 172: 711–716, 1989

5) Becker CR, Jakobs TF, Aydemir S, et al: Helical and single-slice conventional CT versus electron beam CT for the quantification of coronary artery calcification. AJR 174: 543–547, 2000

6) Carr J J, Crouse JR, Goff DC,et al: Evaluation of subsecond gated helical CT for quantification of coronary artery calcium and comparsion with electron beam CT.AJR 174: 915–921, 2000

7) Shemesh J: Calcification of coronary arteries;Detection and quantification with double-helix CT. Radiology 197: 779–783, 1995

8) Mautner GC,Mautner SL,Froehlich J,et al: Coronary Artery Calcification:assessment with electron beam CT and histimorphometric correlation.Radiology 192: 619–623, 1994

9) Moshage WE, Achenbach S, Seese B, et al: Coronary artery stenoses :three-dimensional imaging with electroncardiographically triggered, contrast agent-enhanced, electron-beam CT. Radiology 196: 707–714, 1995

10) Achenbach S,Moshage W, Ropers D et al:Value of electron beam computed tomography for the noninvasive detection of high-grade coronary artery stenosis and occulusion.N Engl J Med 339: 1964–1971, 1998

11) Nakanishi T, Ito K, Imazu M, et al: Evaluation of coronary artery stenoses using electron-beam CTand multiplanar reformation. J Comput Assist Tomogr 21: 121–127, 1997

12) 安野泰史，近藤　武，片田和廣：Helical scanning CTにおける冠動脈描出能ﾑ心筋拡張再構成法ﾑ，日本医放会誌 53：1033–1039，1993

13) Nakanishi T, Kohata M, Miyasaka K,et al: Virtial endoscopy of coronary arteries using contrast-enhanced ECG-triggered electronbeam CT data sets . AJR 174: 1345–1347, 2000

14) 高瀬　圭，芳賀健一，五十嵐和正：ハーフセコンドマルチスライスCTにおける血管疾患の評価．映像情報 32：50–55，2000

15) Rubin GD, Shiau MC, Schmidt AJ, et al: Computed tomographic angiography:historical perspective and new state-of-the-art using multi detector-row helical computed tomography.J Comput Assist Tomogr 23(suppl 1): S83–S90, 1999

16) Rubin GD, Shiau MC, Lenug AN, et al: Aorta and Iliac arteies; single versus multi detector-row helical CT angiography. Radiology 215: 670–676, 2000

17) 小林泰之，田中　修，松浦克彦，他：躯幹部のマルチスライスCTによる3D-CTA．IVR誌 15：335–340，2000

18) Becker CR:Coronary CT Angiography and other applications for contrast-enhanced MDCT. International Symposium on Multidetector-Row CT(June 22-24, 2000, San Francisco), 94–95,2000

19) Becker CR, Knez A, Ohensorge B, et al: Imaging of non calcifiedcoronary plaques using helical CT with retrospective ECG gating. AJR 175: 423–424, 2000

20) Hong C, Becker CR, Huber A, et al: ECG gated Reconstructed Multi- detector row CT Coronary Angiography:Effect of Varying Trigger Delay on Image Quality.Radiology 220: 712–717, 2001

21) 山下康行：わかるヘリカルCT―撮像・読影の基本からマルチスライスCTまで．メディカルサイエンスインターナショナル第1版：50–52，2000

22) Chritsopher EW, Warren RJ, Manuel VJ et al: Coronary arteries: Retrospective cardiac gating technique to reduce cardiac motion artifact at spiral CT. Radiology 204: 566–569, 1997

23) 河輪陽子：Retrospective ECG-gatingを用いたヘリカルCTによる冠動脈疾患の評価．日本画医学誌 19：240–249，2000

24) Achenbach S, Roper D, HolleJ, et al: In-plane coronary arterial motion velocity: mesurement with electron-beam CT,Radiology 216: 457–463, 2000

25) Kopp AF, Ohnesorge BM, Schroeder S et al: Evaluation of Non-Calcified Coronary Plaque with ECG-gated Multi-slice Spiral CT: Phantome Study and Initial Clinical Experience, Radiology 217(P)234, 2000

26) Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A et al: Multidetector-row CT for Noninvasive Coronary Angiography: Results in 102 Patients, Radiology 217(P) 375, 2000

27) Achenbach S, Ulzheimer S, Baum U et al:Noninvasive Coronary Angiography by Retrospectively ECG-Gated Multislice Spiral CT. Circulation 102: 2823–2828, 2000