

Wilhelm Conrad Röntgen



Mr. and Mrs. Röntgen's hands (1895)
人類初の人体X線写真



“切らずに人体を診る”ことが可能に

1895年11月8日ドイツ ヴュルツブルグの
物理協会実験室で、陰極線に関する実験中、偶然、
物体を透過し蛍光板を発光させるものを発見

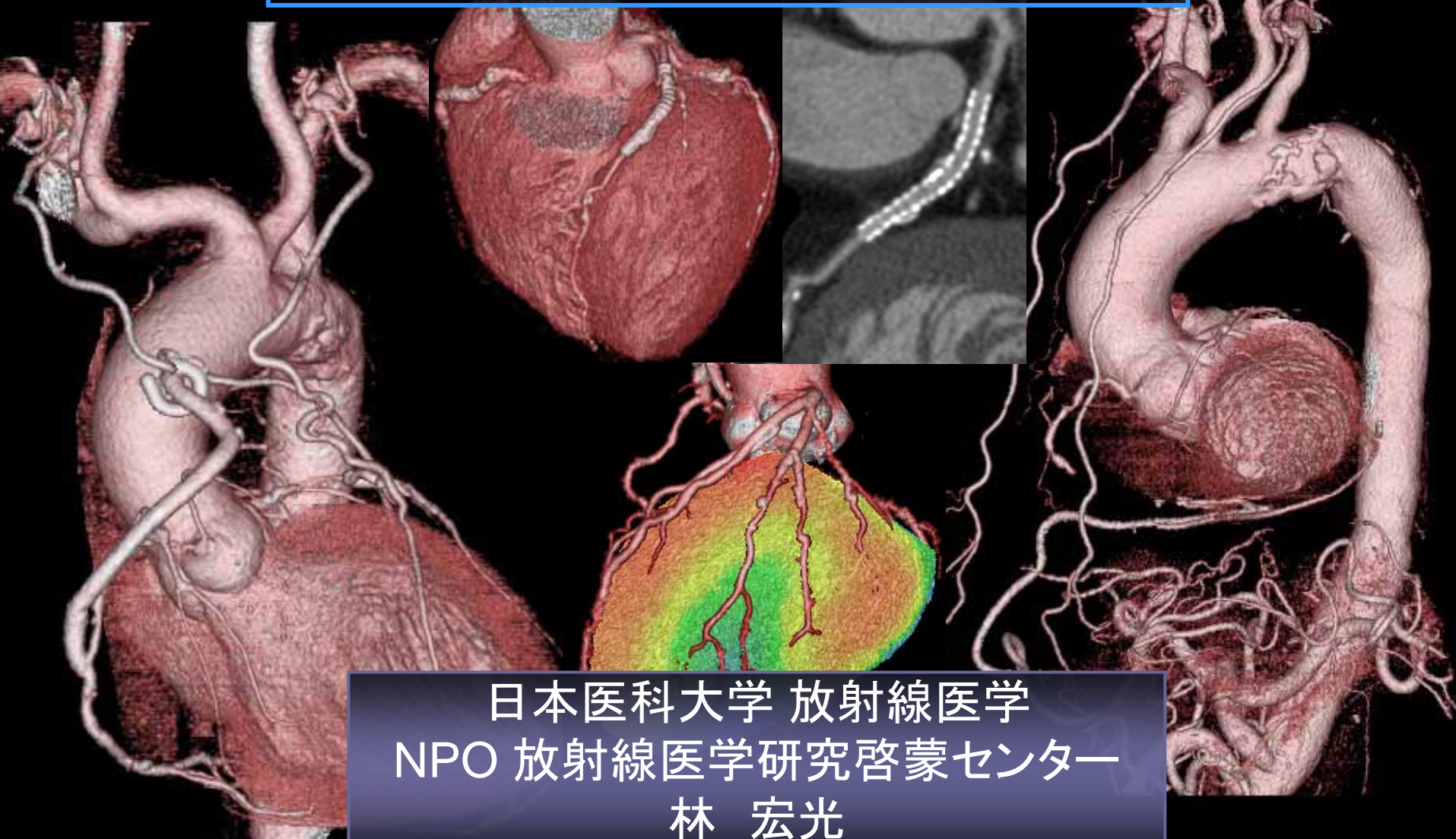


約2秒間のCT検査で得られた
0.6mm厚の500枚の横断CT像を元に、
再構成条件を変えて様々な画像を
立体構築する





切らずに診る人体 '08 ～心臓CTの現状を中心に～



日本医科大学 放射線医学
NPO 放射線医学研究啓蒙センター
林 宏光

マルチスライスCT (MDCT)

0.8秒/1回転

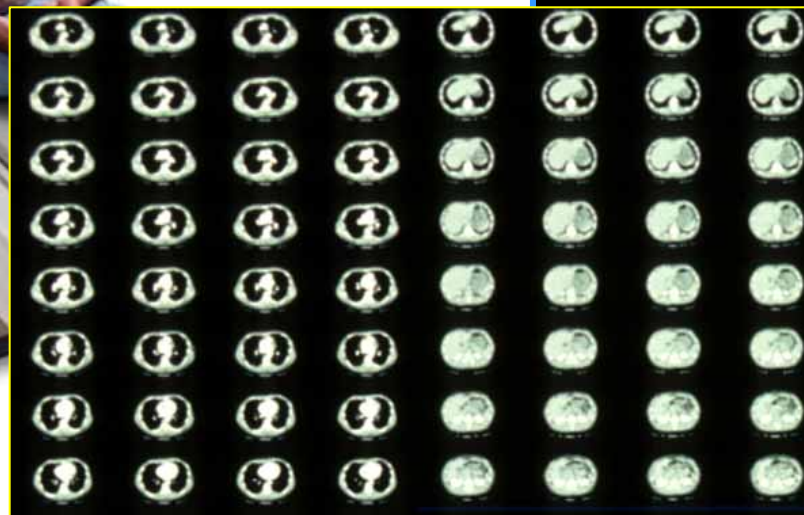


4枚
1998



8枚

0.35秒/1回転



16枚

64枚 2004

マルチスライスCTの臨床応用による CT Angiographyの適応拡大

- 全大動脈のCTA: 定性評価から定量評価まで
- Adamkiewicz 動脈の描出: 極細径動脈の描出
- 閉塞動脈硬化症の診断: 下肢動脈の一次的評価
- 冠動脈のCTA: 冠動脈狭窄とplaque診断
- 頸動脈狭窄: CTA+CT perfusionによる血流動態評価
- 小児複雑心血管奇形の診断:
CTA+virtual bronchoscopyによる包括的診断
- 静脈血栓塞栓症のCTA: 肺動脈と下肢静脈の同時評価

冠動脈の特徴

- 細径動脈 (<4mm)
- 心拍動による位置偏位

冠動脈の画像診断 = 血管造影

冠動脈造影 約54万件/年

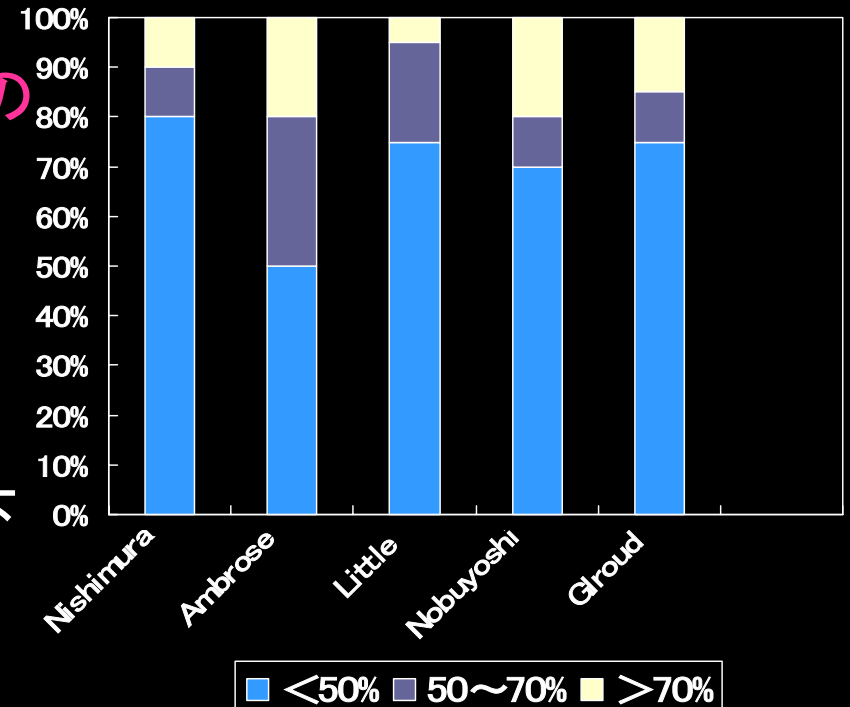
この内、PCIやCABGの対象となったもの 17万件

⇒ 約7割が診断目的のCAG

Circ J 68: 181-185, 2004

冠動脈造影から、将来の心筋梗塞の発症は予測できない

- 冠動脈造影で動脈硬化病変内の性状判断は不可能
- 心筋梗塞発症の責任病変は、初回造影時の狭窄度が50%以下の病変が多数を占める



CTで心臓・冠動脈を画像化することが可能か

空間分解能

時間分解能

CAG
(FPD) 2D: 0.15x0.15~0.2x0.2mm
3D: 0.194~1.17mm³

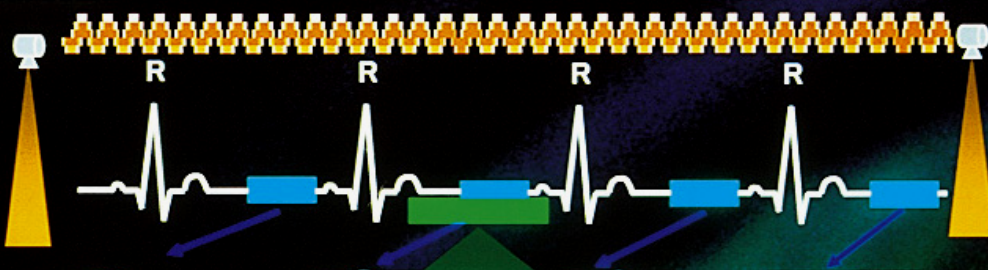
8 ms

MDCT
(64ch) 0.4x0.4x0.6mm
(0.1 mm³)

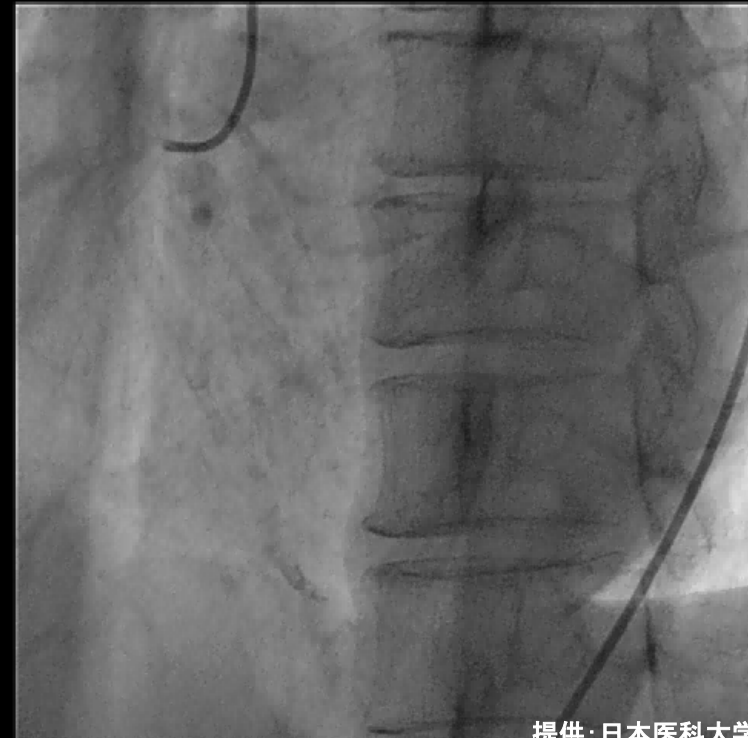
175 ms

Retrospective Gating Data Acquisition

Helical scan



X線管球の回転速度の短縮と
画像再構成法の改良
→実効時間分解能は~60msec程度に



β -blocker
60~90分前

冠動脈CT Angiographyの実際

患者ポジショニング, ECGリード装着, 呼吸停止練習

スキャノグラム撮影, 撮像範囲の決定

冠動脈石灰化評価

単純CT

NTG
1puff

15分

造影範囲の確定, bolus-triggering softwareの
ROI設定, 造影剤準備

Coronary CTA

造影CT

高濃度造影剤
投与量: $BW \times 0.8\text{ml}$
速度: $BW \times 0.08\text{ml/s}$

至適心時相の決定, 再構成アルゴリズムの選択

画像解析・作成, 報告

20~30分

Cardiac CT: clinical applications

- 冠動脈:**
- ①冠動脈狭窄の評価
 - ②Plaqueの性状評価
 - ③PCI・CABG後の評価
 - ④先天的冠動脈異常の評価
 - ⑤川崎病・高安病の冠動脈病変の評価

壁運動の評価: 壁収縮の異常と心筋壁の肥厚・菲薄化

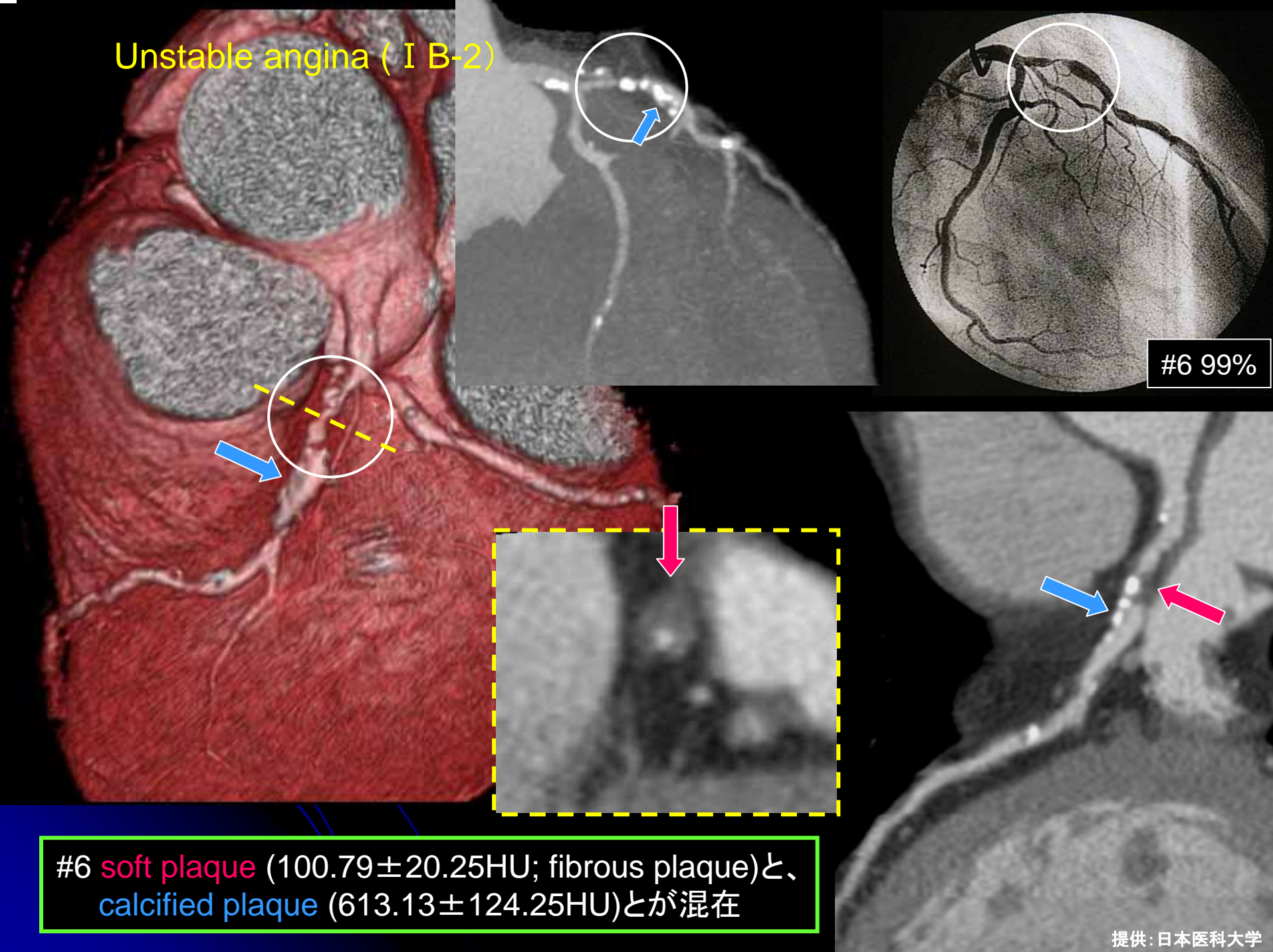
容積計測: 拡張期・収縮期容量、左室駆出率、
心筋重量

心筋灌流の評価: 造影欠損と遅延造影効果

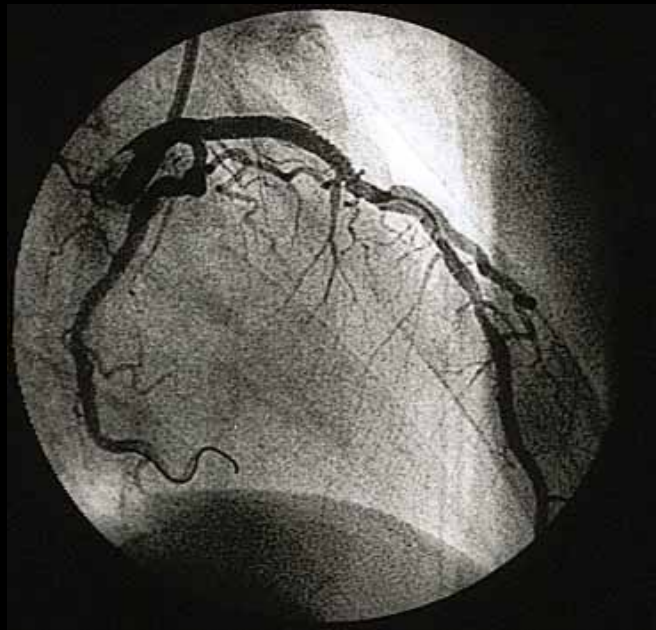
弁機能・状態の評価: 狭窄・閉鎖不全、肥厚、石灰化

肺静脈・左房の評価: Ablation前後の肺静脈評価

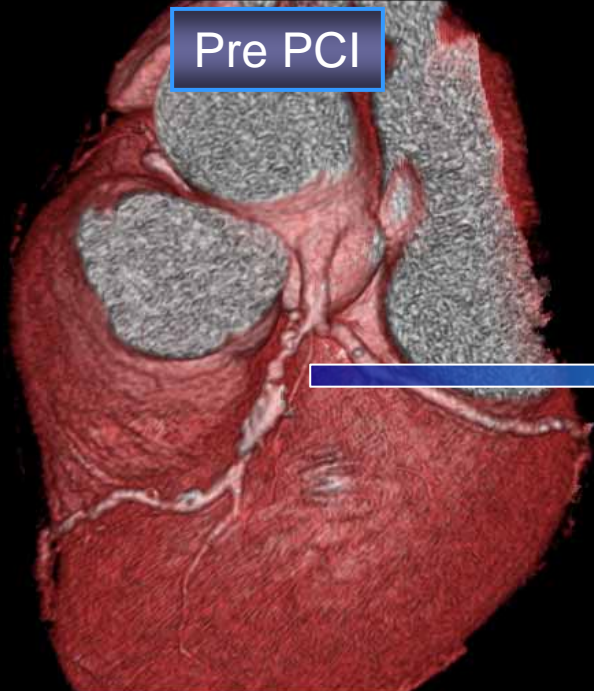
Unstable angina (I B-2)



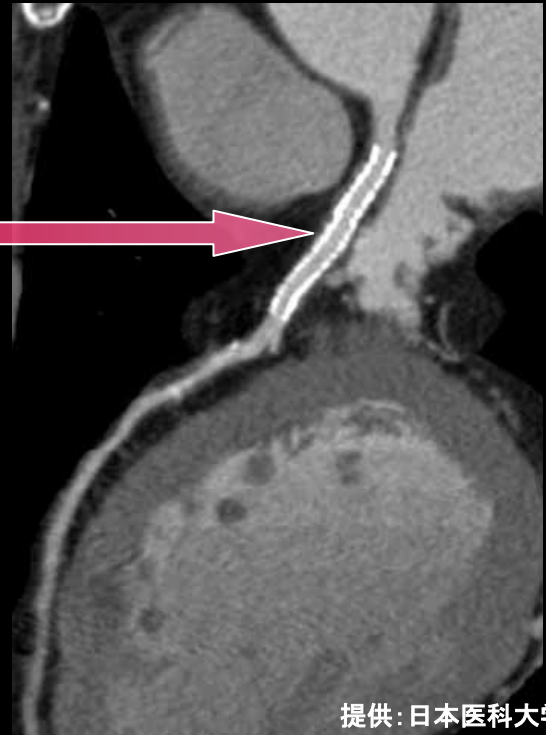
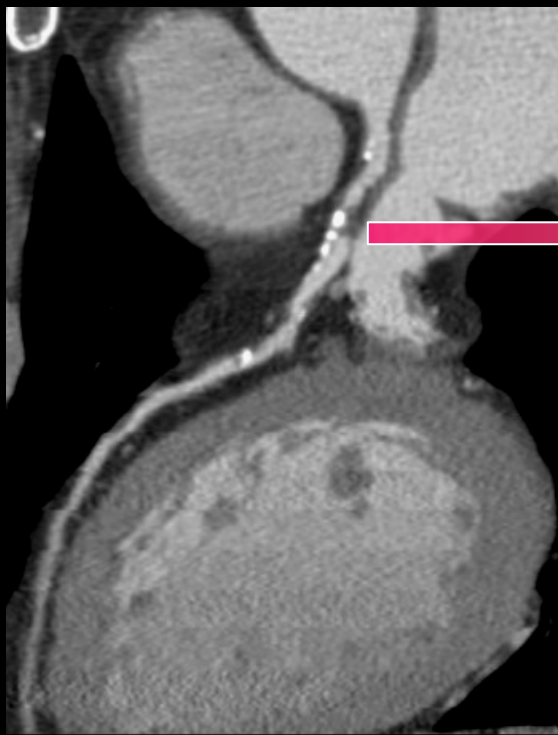
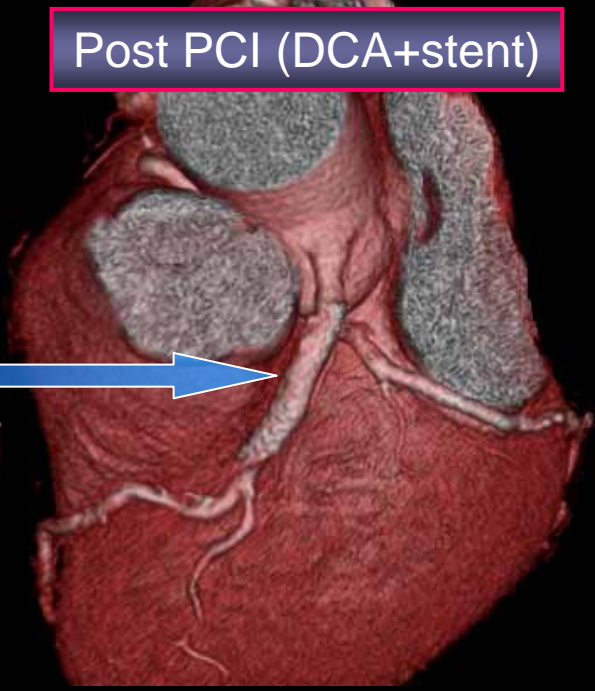
Unstable angina (I B-2)



Pre PCI

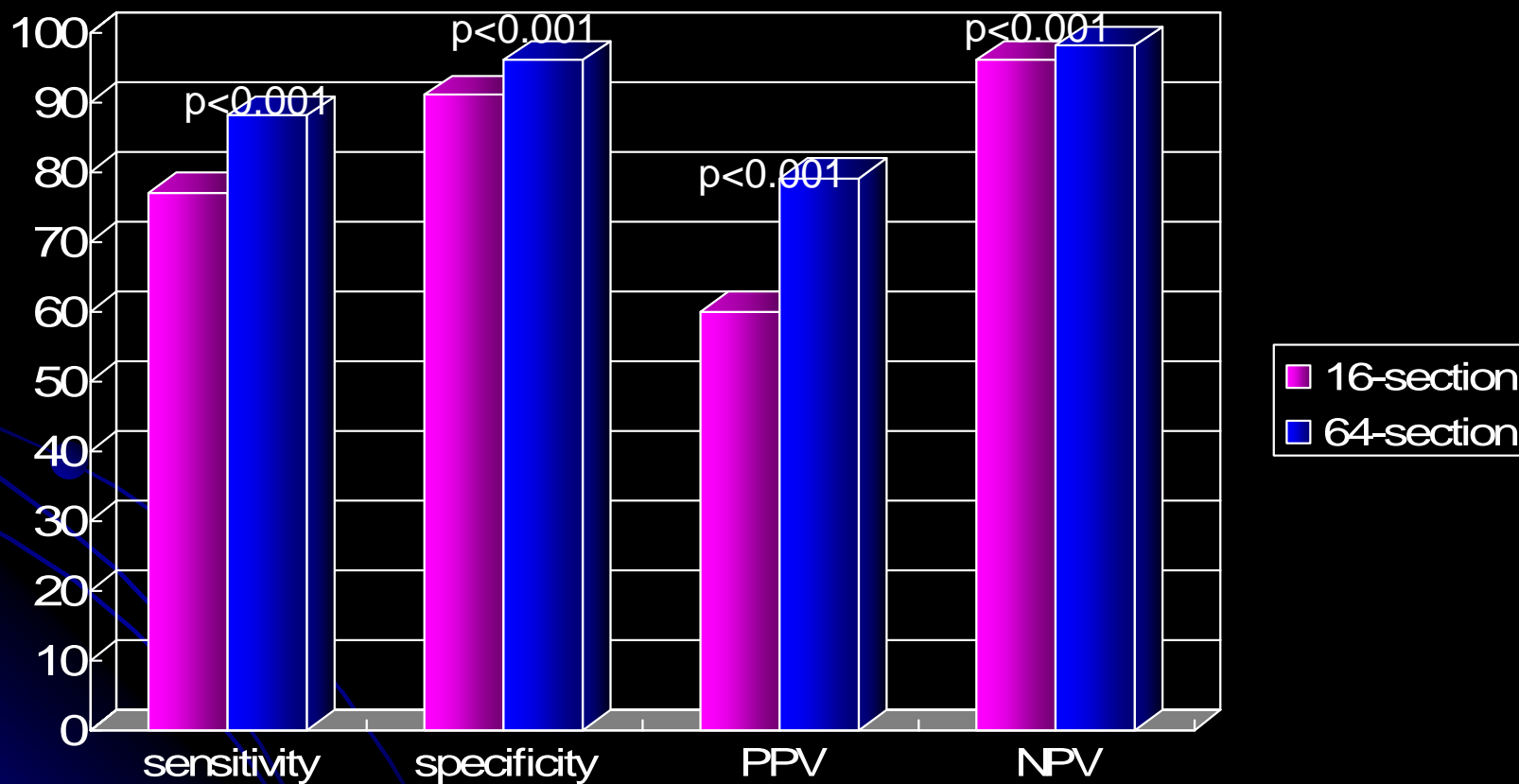


Post PCI (DCA+stent)



Diagnostic performance of 16- vs 64-section spiral CT: Meta-analysis

Per-segment analysis

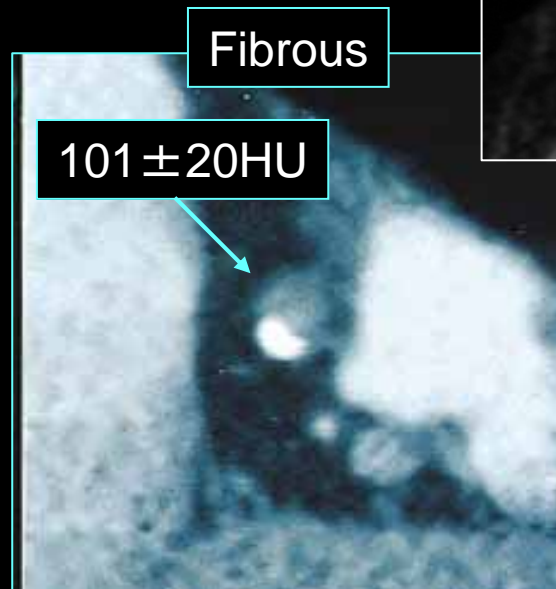
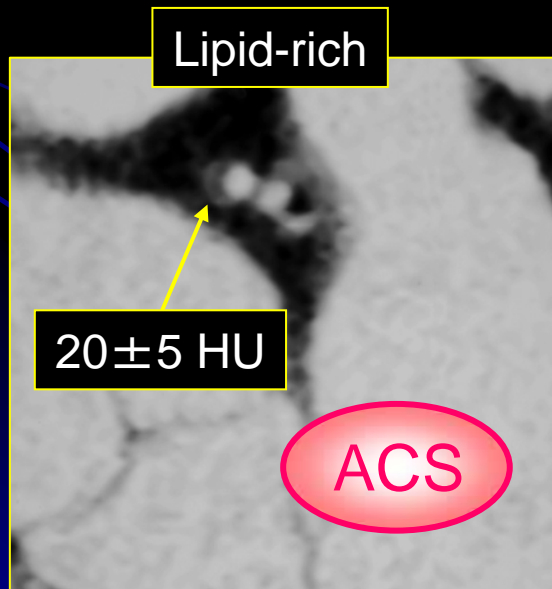
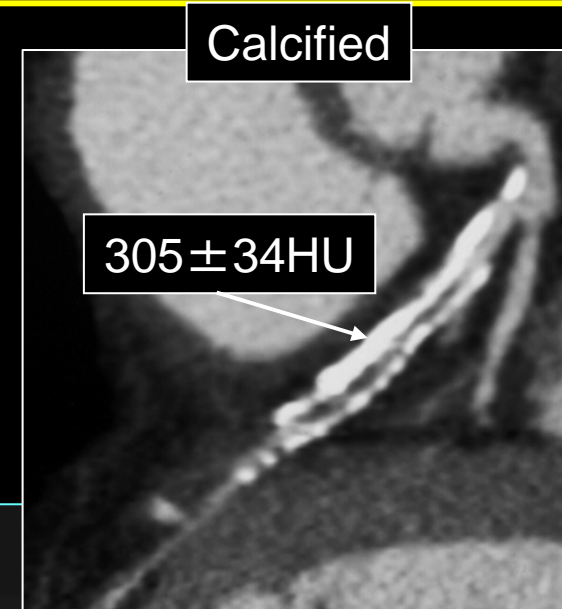


Hamon M. Radiology 07; 245: 720-731

Plaque Attenuation Score

Predominantly lipid-rich plaques ≤ 60 HU
 Intermediate plaques 61~119 HU
 Predominantly calcified plaques ≥ 120 HU

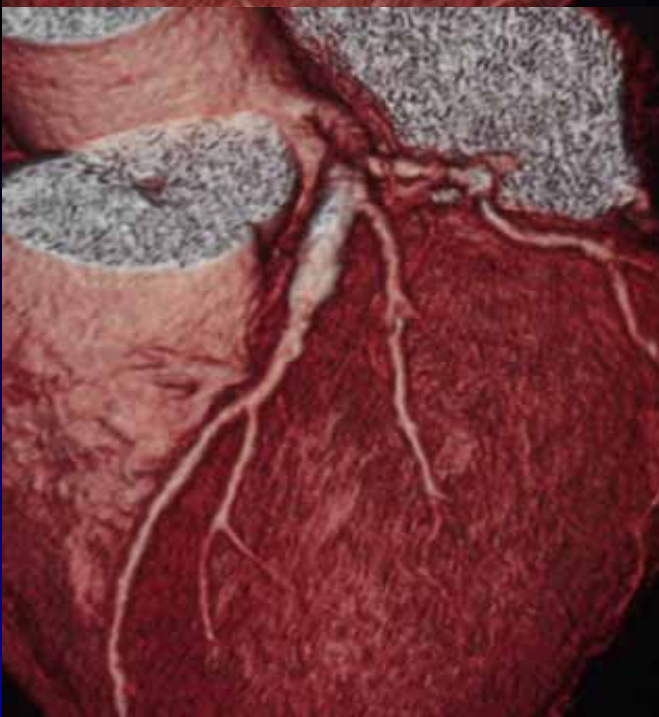
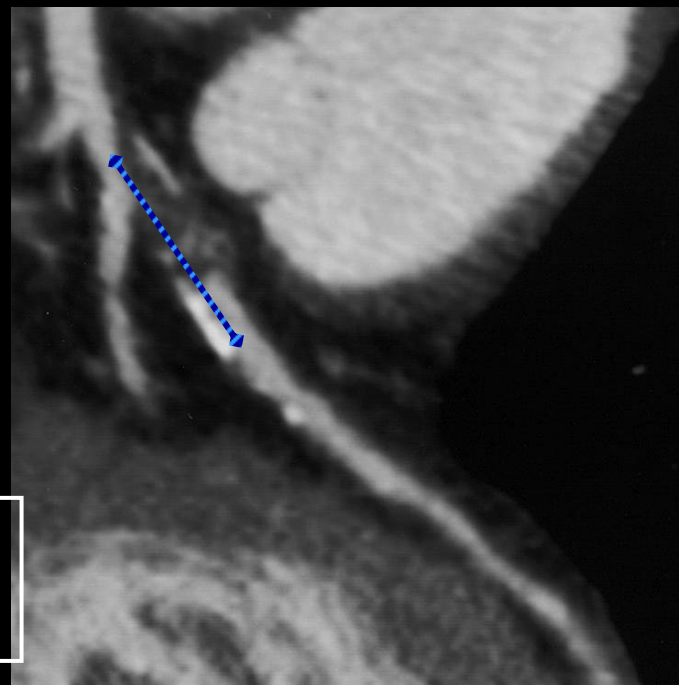
Lipid-rich plaques	Intermediate plaques	Calcified plaques	
42 ± 22 HU	70 ± 21 HU	715 ± 328 HU	Schreoder S. JCAT 28: 449, 2004
39 ± 12 HU	90 ± 24 HU		Estes JM. JCVS 39: 527, 1998
50 ± 12 HU	89 ± 31 HU		Becker CR. Eur Radiol 13: 2094, 2003



#6 chronic total occlusion

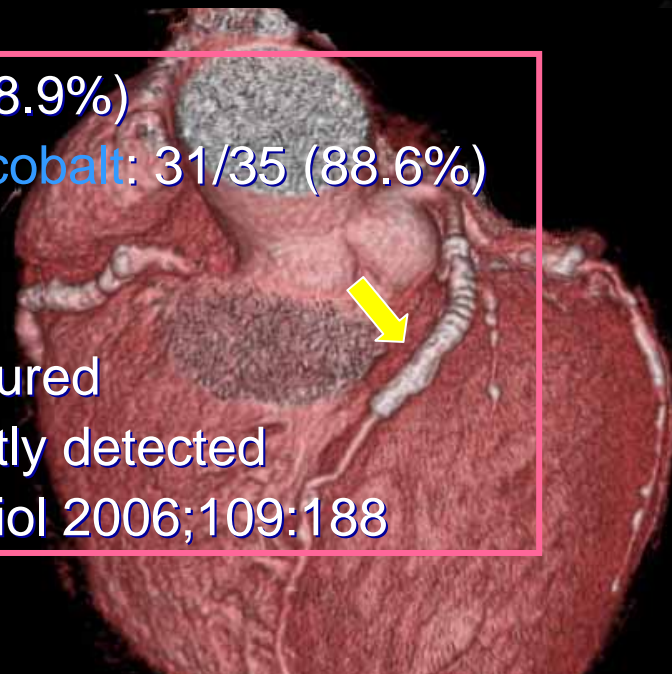
病変長 17.6 mm
性状 70±20 HU
fibrous plaque

実際の閉塞長は？
閉塞部の性状は？



16-detector

Assessable stents: 42/61 (68.9%)
>=3.5mm, stainless steel or cobalt: 31/35 (88.6%)
3.0mm: 11/19 (57.9%)
all 2.5mm: non-assessable
tantalum stents: totally obscured
5 in-stent restenoses correctly detected
Kitagawa T, et al. Int J Cardiol 2006;109:188



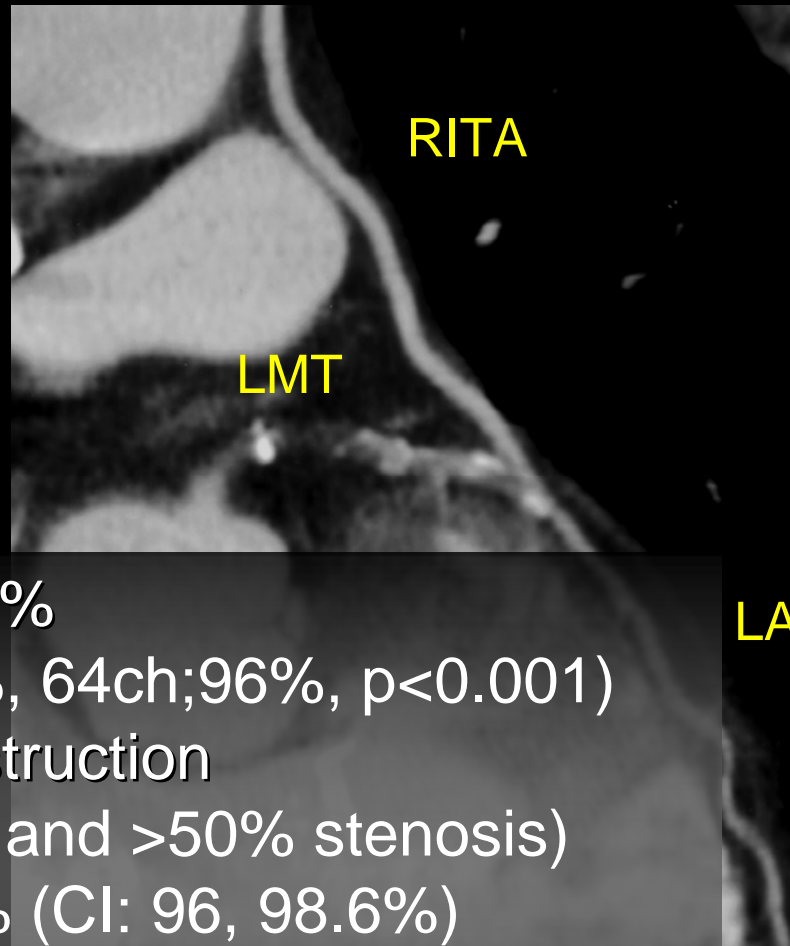
Diagnostic accuracy for detection of significant in-stent or persistent restenosis

64-detector

	≥50% in-stent restenosis	persistent restenosis
Assessable stents	65/76 (86%)	128/129 (99%)
Sensitivity	6/6 (100)	5/5 (100)
Specificity	52/52 (100)	121/123 (98)
PPV	6/6 (100)	5/7 (71)
NPV	52/52 (100)	121/121 (100)

Schuijf JD. Radiology 2007;245:416

MDCTによるCABG後の評価



LAD

Graft assessability: 92.4%

(16ch;90%, 64ch;96%, $p < 0.001$)

Assessment of graft obstruction

(occlusion and $>50\%$ stenosis)

Sensitivity: 97.6% (CI: 96, 98.6%)

Specificity: 96.7% (CI: 95.6, 97.5%)

PPV: 92.7% (CI: 90.5, 94.6%)

NPV: 98.9% (CI: 98.2, 99.4%)

LAD

現時点での心臓CT検査の課題

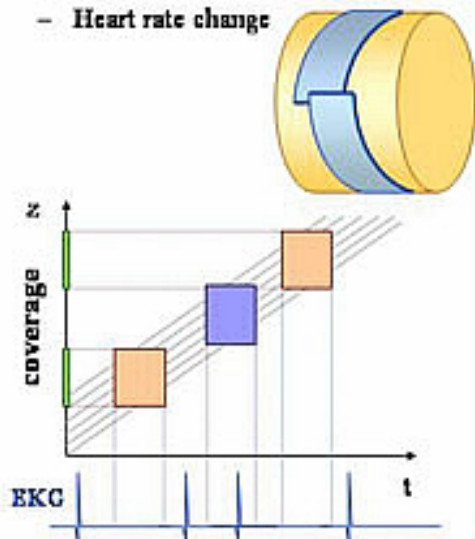
X線被曝量

実効線量	CAG	Cardiac Helical CT
	5~10mSv	7~21mSv

Cardiac Helical CT scan

Low-pitch helical

- High dose
- Heart rate change

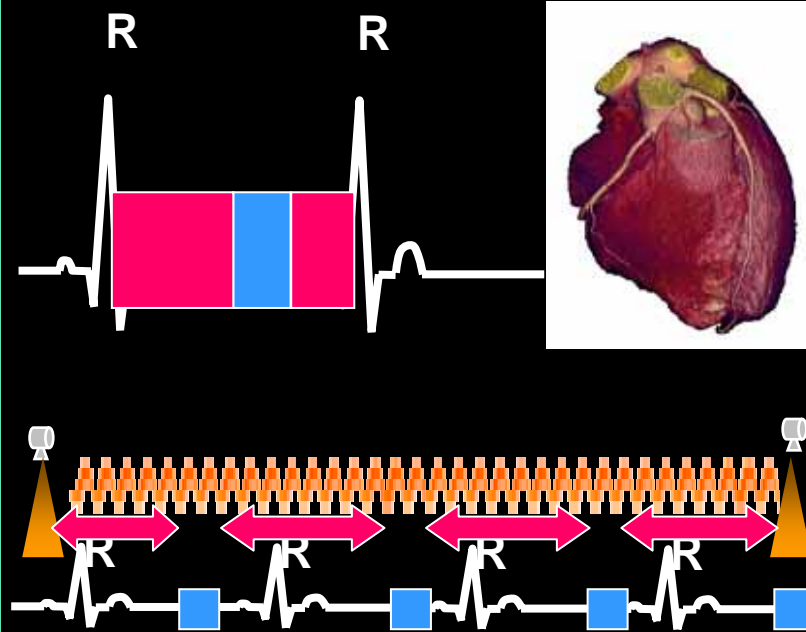


X-ray overlap scan (約80%)

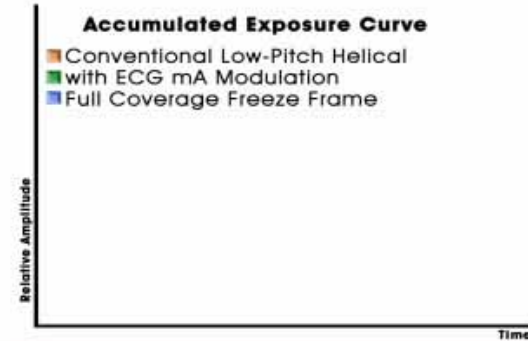
X線ビームの重なりのため被曝量が増加

画像化しない心位相でもX線曝射

Retrospective gating



Prospective ECG-gating Conventional Scanning

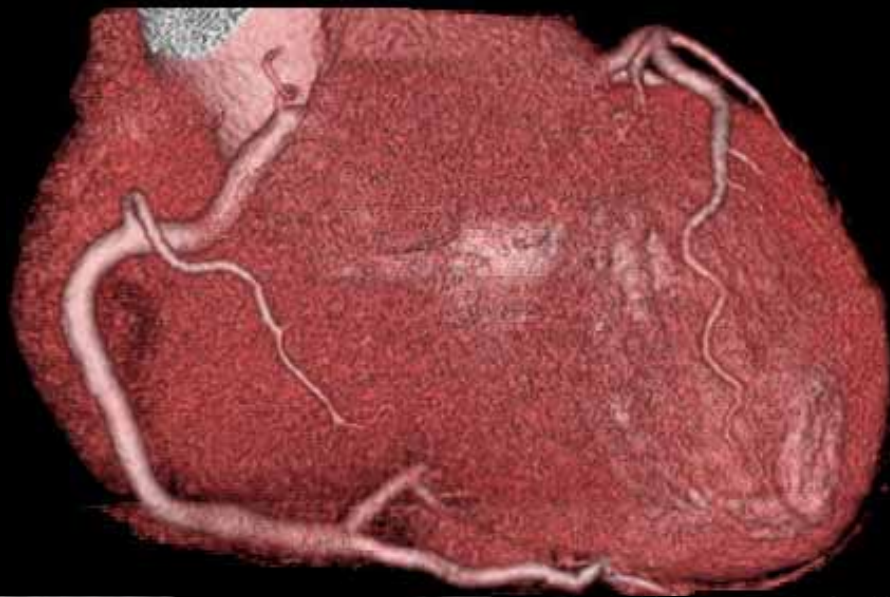


BMI	# Pts	Dose-Average	Dose-Range
<18.5	3	2.8 (mSv)	2.3-3.3 (mSv)
18.5 – 25	4	4.6	4.1-5.1
25.0	13	5.7	5.2-7.5
> 29	8	6.5	5.3-7.3

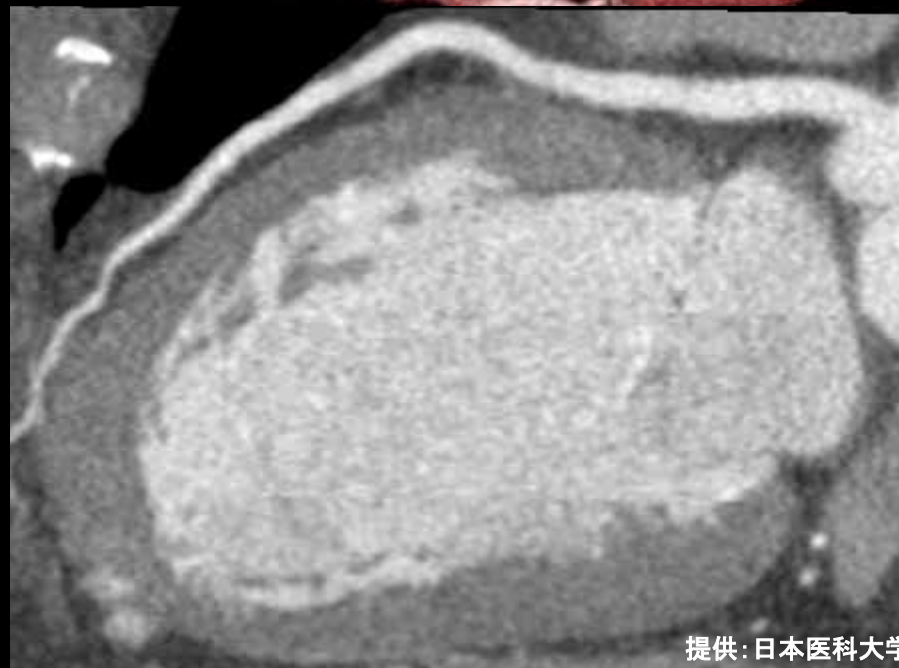
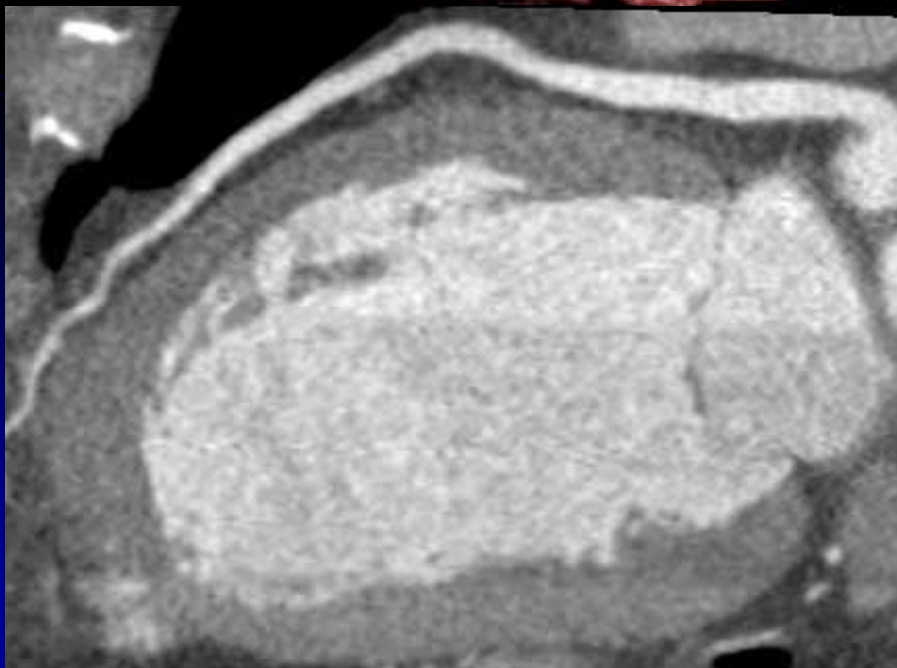
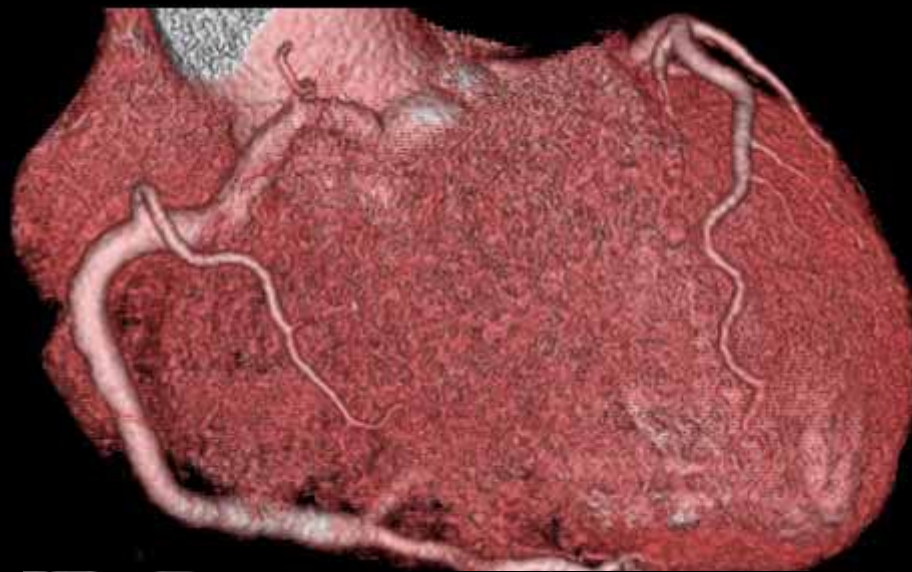
CAG: 5~10mSv

Cardiac Helical: 7~21mSv

Prospective ECG-gating



Retrospective ECG-gating



Prospective ECG-gating

Retrospective ECG-gating

更なる低侵襲化と診断能の向上

Clinical Advantages

- CAGと同等以下のX線被曝量
(最大約90%の被曝低減)
- Cardiac helical scanに比較して、
画質が向上

P/O Aortic dissection
SG planning

ECG-gated

non-gated

冠動脈のC検査を行いたい

+

大動脈のCT検査を行いたい

冠動脈と大動脈の評価を、
一度のCT検査で行いたい

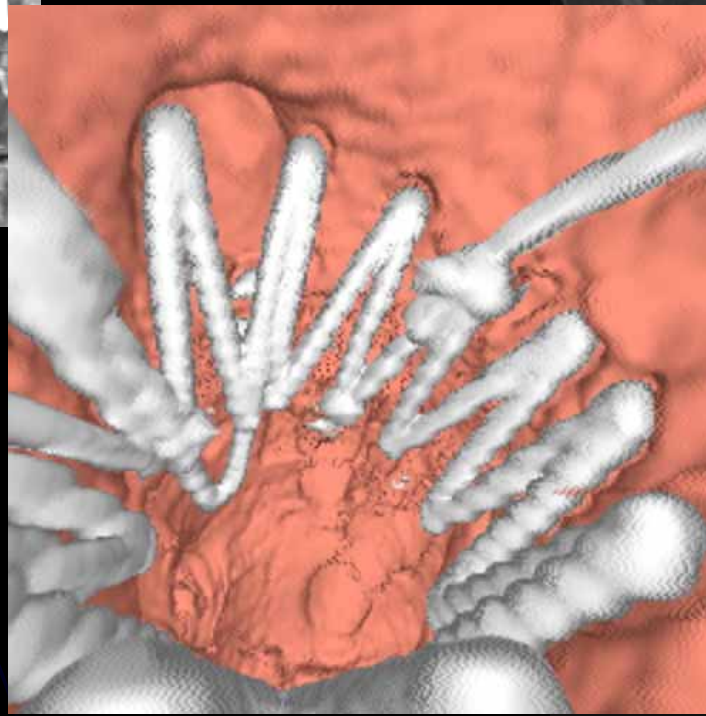
ECG-gated scanning: Disadvantages

- increased irradiation dose
- longer scanning time

Hybrid Cardiovascular CT Examination
ECG-gated + non-gated scanning



Non-gated scan



平成20年度 診療報酬改定

新設：冠動脈CT

600点

施設基準あり

- 64スライス以上のCT
- 画像診断管理加算2の算定要件である「画像診断を専らとする医師による文書による報告」がある場合
- 画像診断管理加算1を算定＋専ら循環器疾患診療担当（経験10年以上）または専ら画像診断を担当（経験10年以上）する常勤医が合わせて3名以上

平成20年度 診療報酬改定

新設：冠動脈CT

600点

冠動脈CT検査に関する費用負担





CT撮影料(850点) + 冠動脈CT加算(600点) +
造影剤使用加算(500点) + 診断料(450点) +
画像診断管理加算(180点)

2580点

+ 造影剤(約14,000円)

+ フィルム代(電子画像管理加算:120点)

64ch MDCTと冠動脈造影との比較

	64ch MDCT	CAG (日帰り)
検査所要時間 (hrs)	0.5 	6
穿刺	静脈	動脈
X線被曝量 (mSv)	Retrospective: 7~21 Prospective: 2.8~6.5 	5~10
検査費用 (3割)	12,000	30,000
診断精度	SE: 88%, SP: 96% PPV: 79% NPV: 98% 	100%
付加情報	plaque, 心筋灌流, 心機能, 弁機能評価, 肺野・胸部診断 	

まとめ

マルチスライスCTの開発と、その途切れることのない進化により、CTの役割は“診断のための検査法”から、“治療戦略決定のための手段”へと paradigm shift しつつある。

今後、さらに改善すべき課題も存在するが、優れた時間・空間・濃度分解能を有するマルチスライスCTは、心臓血管疾患の診断における重要な役割を担う検査法に成熟するものと期待される(Fast, Most, Best)。