

64chマルチスライスCT SCENARIA —その特長を活かした実践的活用—

64-ch multislice CT SCENARIA –Outstanding Technological Features and Its Clinical Impact–

林 宏光¹⁾ Hiromitsu Hayashi
高木 亮¹⁾ Ryo Takagi
秀永 慎一²⁾ Shin-ichi Hidenaga

町田 幹¹⁾ Tadashi Machida
汲田伸一郎¹⁾ Shin-ichiro Kumita
土橋 俊男²⁾ Toshio Tsuchihashi

¹⁾日本医科大学放射線医学
²⁾日本医科大学附属病院放射線科

日本医科大学附属病院では最も使用頻度の高いCT検査室にSCENARIA^{*1}を導入し、2011年2月より本格的に稼動を開始した。SCENARIAはこれまでの64chマルチスライスCTを凌駕するさまざまなハードならびにソフトウェア面での特長を有するが、臨床的視点からは①心臓検査を含めた全身いずれの部位においても0.35s/rotで撮像が可能であること②コントラストとノイズ比率の一定を目指した線量適正化制御ならびに逐次近似法により低被曝検査が可能であること③検査寝台横スライド機構による高い空間分解能の検査が可能であることなどがあげられる。

本稿ではこれらの臨床的利点を整理し、その特長が活かされた症例の提示を通じてSCENARIAの持つbeyond 64ch CT scannerとしての可能性について述べる。

Nippon Medical School Hospital introduced SCENARIA^{*1} into the CT examination room which is most frequently using CT scanners and started its full operation since February, 2011. SCENARIA has various features surpassing conventional 64-channel multislice CT systems both in hardware and software, and, from clinical viewpoints, such features as allowing ① 0.35s/rot imaging at any part of whole body including cardiac examinations, ② low dose examinations by the exposure dose optimization with maintaining contrast-to-noise ratio and adaptive iterative denoising process and ③ high spatial resolution examinations with lateral slide mechanism of patient table.

This paper collects these clinical advantages and describes the possibility that SCENARIA as a CT scanner beyond 64-channel ones possesses by providing the cases demonstrating these features.

Key Words: Multislice CT, Multidetector-row CT, 64-ch CT, Three-dimensional CT, CT Angiography

1. はじめに

現在、日本医科大学附属病院には診断用CT装置が4台あり、年間約34,000件のCT検査を行っている。このうち、造影CT検査は10,200件ほどであり、およそ30%を占める。4台のCT装置のうち、3台は外来検査を、1台は入院検査を中心

に予約が組まれているが、緊急CT検査の依頼は入院・外来を問わず全て受け付け、当日中に検査を行いその全てに読影レポートを作成している。

当院のCT検査の特徴として、CT操作室内に読影端末を複

数配置し、日勤帯では一台のCT装置を放射線科医師2名、放射線科技師2名で運用することを原則としている。これにより単にプロトコルをこなすことに終始せず、互いの知識や経験を活かして検査目的に合致する最適な検査法を検討して施行するように務めている。また当院は本邦で第一号となる高度救命救急センターを擁し、24時間、365日体制の救急医療を行っており、高度救命救急センターからの依頼を含めた緊急CT検査は総CT検査数の41%を占める。

このような当院の背景において、64chマルチスライスCT SCENARIO^{*1}は、これまでの64chマルチスライスCTを超える基本性能を有するCTであることから、24時間、365日体制の最も過酷なCT検査室にこれを導入し、2011年2月より本格的に稼動を開始した。

従来の64chマルチスライスCTを凌駕するSCENARIOの特性としては、①心臓検査を含めた全身いずれの部位においても0.35s/rotで撮像が可能 ②ノイズレベルを一定に(SD mode)あるいはコントラストとノイズ比率の一定を目指した(CNR mode)線量適正化制御、ならびに逐次近似法(Intelli IP^{*2}; 繰り返し適応型ノイズ低減処理)による低被曝検査が可能 ③検査寝台横スライド機構(IntelliCenter)による高い空間分解能での検査が可能などがあげられる。

(1)心臓検査を含めた全身いずれの部位においても0.35s/rotで撮像が可能

心臓検査のみならず、全身いずれの部位においても0.35s/rotで検査できることが臨床的に大きな意義を持つことは言うまでもない。このような高速撮像が可能となったのは多くの優れた技術が相乗的に結合/統合された結果と考えられるが、なかでも2,880view/sに至る高速view rateの確保、3次元画像再構成アルゴリズム(CORE法)によるhigh pitch撮像時のさまざまなアーチファクト軽減、ならびに2次元散乱線コリメータ(2D-ASC)の新規開発による体軸方向の散乱線除去によるところが大きい¹⁾。SCENARIOには0.58、0.83、1.08、1.33、1.58のbeam pitchが用意されており、検査目的に応じてこれを選択できるが、X線管球回転速度を0.35s/rotとしbeam pitch 1.33を選択することで、胸部～骨盤部までの70cmに及ぶCT検査は5秒で終了する。また30cm範囲程度の胸部あるいは腹部CT検査では、beam pitch 1.08を選択しても3秒程度の検査時間である。呼吸停止時間の短縮は、被検者の負担軽減のみならず検査成功率の向上に結びつき、検査施行側にとっても望ましいも

のである。ただし、造影検査においては造影剤の到達を確認し、かつ検査速度が造影剤の到達を追い越すことがないようにPredict Scanでmonitoringを行ったうえで、十分な造影剤拡散時間をとり造影検査を開始することが大切である²⁾。

(2)ノイズレベルを一定に(SD mode)あるいはコントラストとノイズ比率の一定を目指した(CNR mode)線量適正化制御、ならびに逐次近似法による低被曝検査が可能

医療X線被曝の低減に注意を払うことは、CT検査に携わる医師、技師にとり必須である。現在多くのCT装置では、線量の適正化のためにノイズレベルを指標として一定にする手法が主に用いられている(SD mode)。これにより撮像部位によらずノイズレベルのばらつきを抑えて画像を出力することができ、画質と被曝のバランスを保持した検査が可能であることからわれわれもこの機能を使用してきた。これに加えSCENARIOには、組織間コントラストと識別能に関するデータベースに基づきコントラストとノイズとの比率の一定を目指したCNR modeが用意されている。このCNR modeを活用することで、小児や高齢女性などの体格の小さな被検者や被曝量低減のため撮影管電圧を低下した際には、組織間コントラストが高くなることから、これまでのノイズレベルを指標とする手法よりさらに被曝線量の低減を図ることができる。寒天を用いたファントム実験によると、管電圧120kVと管電圧100kVでほぼ等しいCNRを実現するCNR modeにより、管電圧100kVとすることで47%の被曝低減が可能と報告されている³⁾(図1)。Low kV techniqueはCT検査に伴う被曝量の低減のために注目されている技術であるが、その際のコントラストを確保する上からも大いに期待できる機能と言える。

また逐次近似法は近年話題の演算処理法であるが⁴⁾、今回

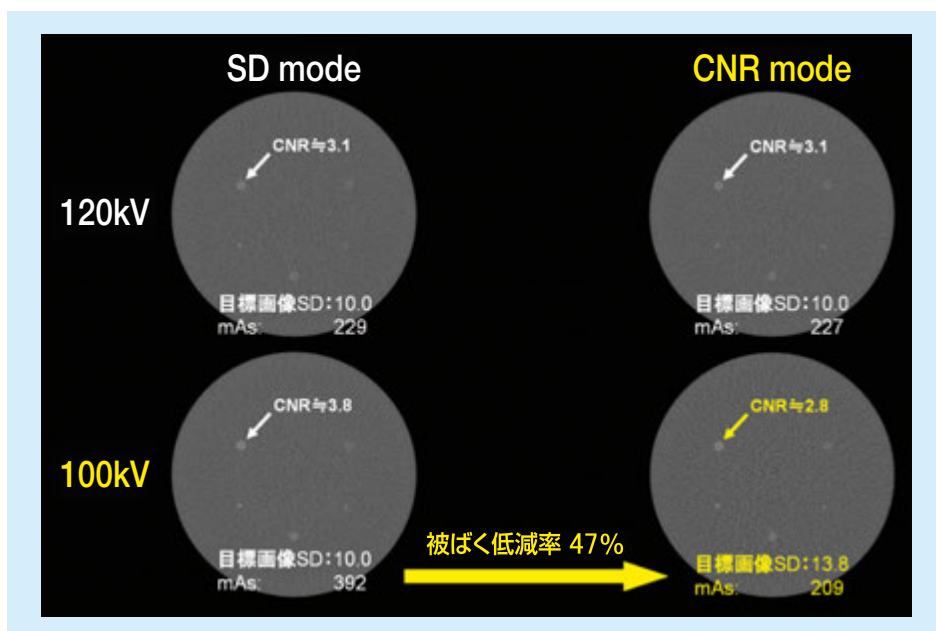


図1：低管電圧撮影におけるSD modeとCNR modeとの被曝線量の比較
φ260寒天ファントムを作成し、希釈造影剤にてコントラストを付与した。CNR modeにより、管電圧を変化させてもほぼ同等のCNRを実現することが可能であった。また、本例では管電圧100kVとすることで47%の被曝低減が可能であった。
(本研究は熊本大学医学部保健学科ならびに中央放射線部と日立メディコとの共同実験によるもの)

SCENARIAに用意されたIntelli IPは、統計的なデータの信頼性に基づいて投影データと画像データの双方に対して繰り返し適応型処理を行うものであり、前述の線量適正化制御とは異なる視点と技術から、必要最小限のX線量でのCT検査を可能にするものである(図2)。

(3)検査寝台横スライド機構による高い空間分解能での検査が可能

CT検査においては撮影対象を可能な限り回転中心に近い位置に置き検査することが望まれる。しかし解剖学的制約やCT検査寝台の機械的制約などにより、撮影対象を回転中心の付近に位置させることが困難な場合も多い。この問題にはわれわれも悩まされ続けてきた。さらに、近年では心臓CT検査など、よりサイズの小さなターゲットを、できる限り高い空間分解能を保ちつつ検査したいとする、新たな臨床の要求も生まれてきた。このような課題に対し、SCENARIAにはその物理的解決策として、CT検査寝台を最大左右80mm移動させて撮影対象をより回転中心に位置させる寝台横スライド機構のIntelliCenterが備わっている。当施設での基礎実験(空間分解能およびMTF)によるとIntelliCenterを用いて検査することで、回転中心から80mm離れた場合に比較して10%程度の空間分解能の向上が期待できることが判明した(図3)。加えて心臓CT検査においては心臓用線質補償フィル

タであるCardiac (Small) Bow-tie Filterが装備されているため、IntelliCenterと組み合わせることで撮像面内全体では約1/4、関心領域外でも約1/3の被曝低減が図られることは、臨床にとって大きな福音である。

日本循環器学会の2009年循環器疾患診療実態調査によると、心臓(冠動脈)CT検査施行数は2007年:150,309件、2008年:218,053件、2009年:273,370件と、その増加傾向は著しい⁵⁾。しかし心臓CT検査の被曝量は64chマルチスライスCTでretrospective ECG gatingを行った場合、その実効線量は8~25mSvの範囲にあるとされ、他領域のCT検査に比較して高いものである⁶⁾。高い空間分解能を保ちつつ可能な限りの被曝低減を可能にするうえで、IntelliCenterと心臓用線質補償フィルタとの組み合わせは、新たなトレンドになるものと考えられる。なお心臓CT検査の被曝量低減のためには、管電圧や管電流の低下に加え、prospective ECG gatingは欠くことのできない検査法となった。SCENARIAにもprospective ECG gatingは装備されているので、β遮断薬などにより適切な心拍数にコントロールしたうえで、IntelliCenterと心臓用線質補償フィルタを組み合わせることにより、さらなる低被曝での心臓CT検査を可能としたのは大きな進歩であると思われる。なお当院では心臓CT以外の肩関節や上肢検査などの整形外科領域の検査にもIntelliCenterを利用しており、以前に比べ患者ポジショニングにお

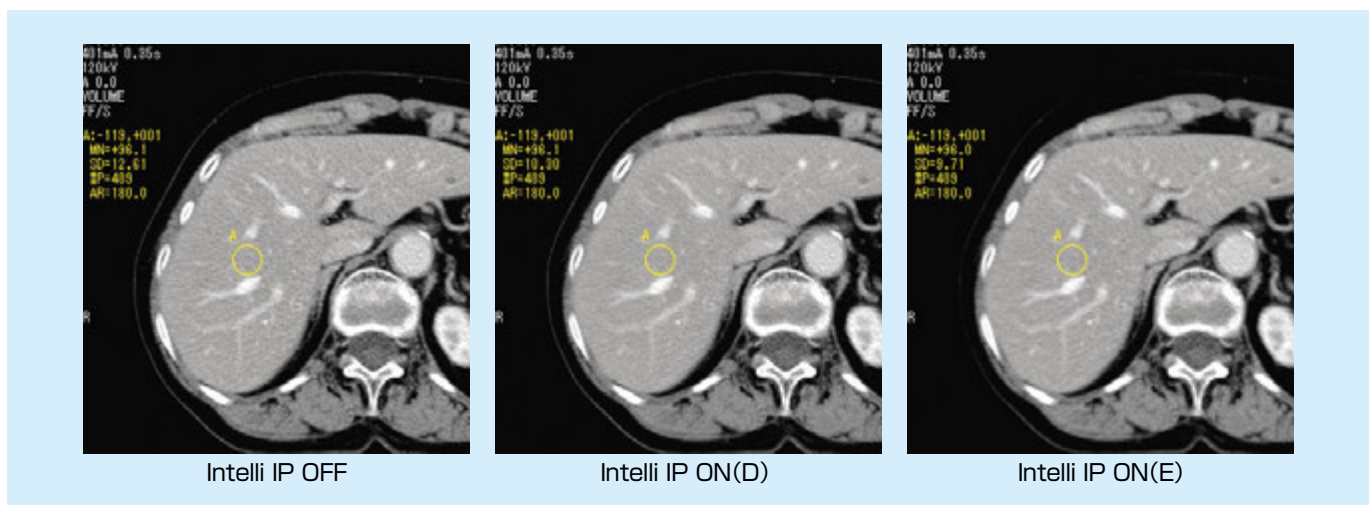
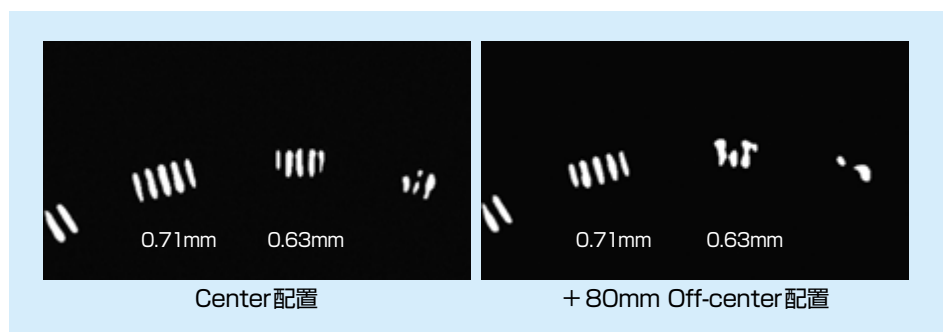


図2: Intelli IP使用による画像SDの変化と被曝低減効果

Intelli IP OFF(オリジナル画像)に比較して、Intelli IP ON(type D)においてSD値は18%減少しており、これは被曝線量低減効果33%に相当する。さらにIntelli IP ON(type E)においてはSD値が23%減少しており、これは被曝線量低減効果41%に相当する。

図3: IntelliCenterを用いた空間分解能の向上: Iso-, Off-centerによる比較

X線管球の回転中心と回転中心から80mm離れた位置にCatphanファントムの空間分解能セクションを配置して、同様の撮像条件にて撮影し腹部用カーネルを用いて評価した。回転中心で撮像することにより、およそ10%の空間分解能の向上が認められる。



けるストレスが減少したこともうれしい限りである。

2. SCENARIAの特性を活かした実践的活用

(1)症例1 79歳、女性(図4)

陳旧性脳梗塞の原因精査のため、頭頸部CT Angiographyを施行した。

中央のVR像(B)にて、右内頸動脈起始部の石灰化(青矢印)、左総頸動脈分岐直後の2か所の狭窄(黄矢印)ならびに左内頸動脈分岐部での閉塞(赤矢印)がわかる。右総頸動脈から内頸動脈の走行に沿うcurved planar reconstruction像(A)では、右内頸動脈分岐部にhard plaqueとわずかなsoft plaqueが存在することがわかる。また頭蓋内の右内頸動脈壁には全周性のhard plaqueが認められる(緑矢印)。

一方、左総頸動脈から内頸動脈の走行に沿う角度を変えたcurved planar reconstruction像(C)では、左総頸動脈分岐直後のsoft plaqueによる2か所の狭窄(黄矢印)と、左内頸動脈分岐部での閉塞(赤矢印)の状態が良くわかる。

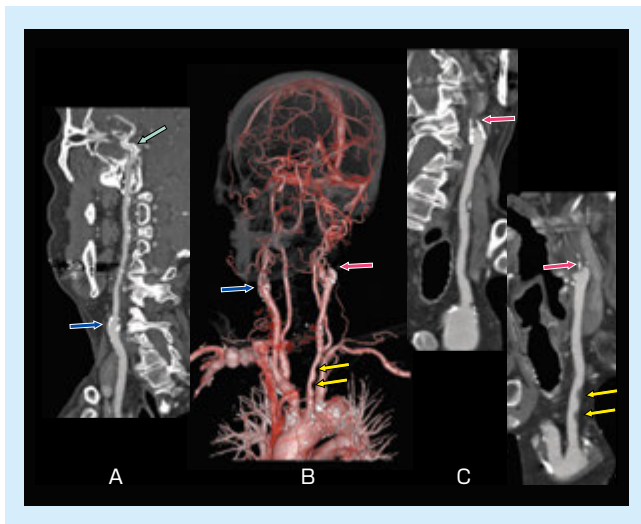


図4：症例1

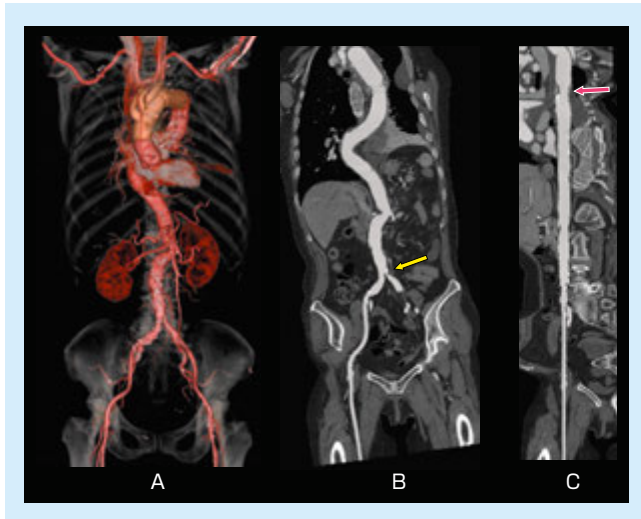


図5：症例2

(2)症例2 78歳、女性(図5)

大動脈弓部グラフト置換術後の経過観察にて、全大動脈の検査を行った。X線管球回転速度を0.35s/rot、beam pitch 1.33とすることで、総撮像時間は5秒であった。

VR像(A)にて、心拍動によるmotion artifactは極めて少なく、十分に上行大動脈の評価が可能である。また腹部主要分枝も良好に描出されている。

大動脈弓部から右外腸骨動脈の走行に沿うcurved planar reconstruction像(B: natural view)により、大動脈弓部から右外腸骨動脈の内腔がほぼ均一に造影されていることがわかる。左総腸骨動脈起始部に狭窄を認める(黄矢印)。

同じくcurved planar reconstruction像(C: straight view)では、グラフトの遠位吻合部にわずかな狭窄があることがわかる(赤矢印)。また大動脈にはhardおよびsoft plaqueが散見される。

(3)症例3 57歳、男性(図6)

脾弯曲部大腸がんの術前検査のため、動脈相(造影剤注入開始30秒後より検査)と門脈相(同、80秒後より検査)を撮像し、腹腔内動脈および門脈・静脈系の両者の評価を行った。

動脈相VR像(A)にて腹腔動脈および上腸間膜動脈とその分枝は赤色で、また下腸間膜動脈とその分枝は青色で表示し

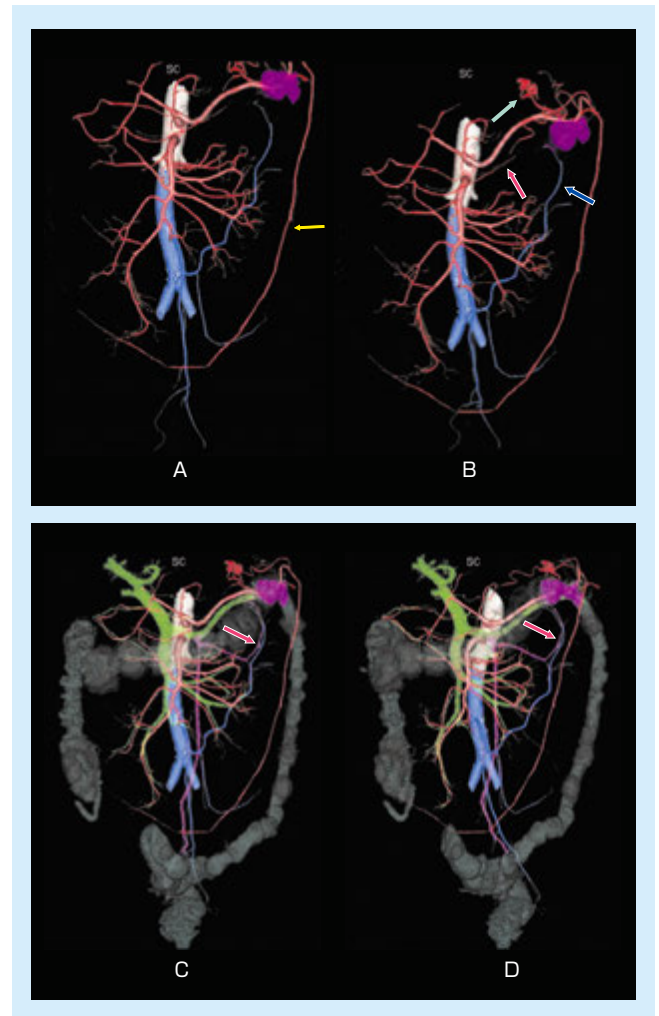


図6：症例3

ている。脾彎曲部大腸がんは紫色で表示している。脾動脈末梢から腹腔内を下行する動脈が認められる(黄矢印)。やや頭側から見下ろしたVR像(B)にて、腫瘍の栄養動脈は左結腸動脈(青矢印)と中結腸動脈(赤矢印)と考えられ、主に左結腸動脈に支配されていると思われる。また脾動脈から分岐する胃動脈が限局して拡張蛇行していることがわかる(緑矢印)。

結腸を半透明表示させ動脈相と門脈相の脈管情報をfusion(superimpose)させたVR正面(C)および左前斜位(D)像である。上腸間膜静脈・脾静脈・門脈は黄緑色で、また下腸間膜静脈に合流する左結腸静脈や上直腸静脈は紫色で表示している。脾彎曲部大腸がんの主な導出静脈が左結腸静脈であることがわかる(赤矢印)。

(4)症例4 61歳、男性(図7)

運動負荷心電図検査にて異常が認められ、精査目的にて心臓CT検査を施行した。

VR像(A)にて左前下行枝(LAD)は細く、その全体像が描出されていないことがわかる。また前壁～心尖部の心筋壁は菲薄化し、左室内腔の造影剤が透見できる。冠動脈ならびに大動脈のみを抽出したVRのvessel tree像(B)においても、LADは右冠動脈(RCA)、左回旋枝(LCX)ならびに高位側壁枝(LB)に比較して描出が不良である。

LADの走行に沿うCPR像(C)にて、LAD近位部(①)には、び慢性で長区域の高度狭窄を認める。同レベルの短軸像(D)では、内膜側の吸収値が低いsoft plaqueを認める。LAD中間部(②)には極めて高度の狭窄を認め、内腔はほぼ認識し得ない。LAD遠位部(③)の内腔には造影効果が認められるが、吸収値は低い。

angiographic view(E)において、RCA近位部に狭窄を認める。RCA遠位部(青矢印)ならびに後下行枝(黄矢印)にも狭窄を認める。RCAの走行に沿うCPR像(F)にて、RCA近位部にpositive remodelingを伴うsoft plaqueによる狭窄を認める(赤矢印)。同部を直線的に表示したstraight view(G)において、内腔、plaque、外膜部をトレースし、CT値に応じて5色で表示した。plaque volumeの測定が可能である。また同病変の短軸像(H)にて、plaqueのCT値は52HU程度であり、fibro-fatty plaqueであることが推測される。

(5)症例5 57歳、男性(図8)

Stanford A型大動脈解離に対する上行弓部大動脈置換術後の上行大動脈に再解離が疑われ、緊急心電図同期心臓および胸部大動脈CT検査を施行した。

VR像(A)にて冠動脈ならびに胸部大動脈の全体像がわかる。上行弓部大動脈がグラフト置換されている(青矢印)。胸部下行大動脈には解離が残存している(T:真腔、F:偽腔)。冠状段MPR像(B)ではグラフト置換された上行大動脈(青矢印)の中枢側に、新たな解離腔を認める(黄矢印)。傍矢状断MPR像(C)にて、グラフト遠位吻合部以遠に認められるelephant trunkのjust distalの下行大動脈に、内膜裂孔を認める(赤矢印)。Tは真腔、Fは偽腔である。

大動脈基部のVR像(D)ならびに同レベルのMPR像(E)にて、左冠動脈主幹部(LMT)に再解離が波及し、これに覆い被

さるように再解離腔が認められる(青矢印)。LMT入口部は狭小化している(赤矢印)。さらに上行大動脈基部の小さな内膜裂孔も指摘できる(黄矢印)。RCAは右冠動脈、LADは左冠動脈前下行枝である。

一方、大動脈を見上げるように表示したVR像(F)ならびに大動脈基部のMPR像(G)にて、大動脈基部右側壁にも再解離を生じ、大きな解離腔を生じたことがわかる(赤矢印)。右冠動脈(RCA)基部にも解離は波及し、入口部の狭窄と内膜裂孔(黄矢印)が認められる。

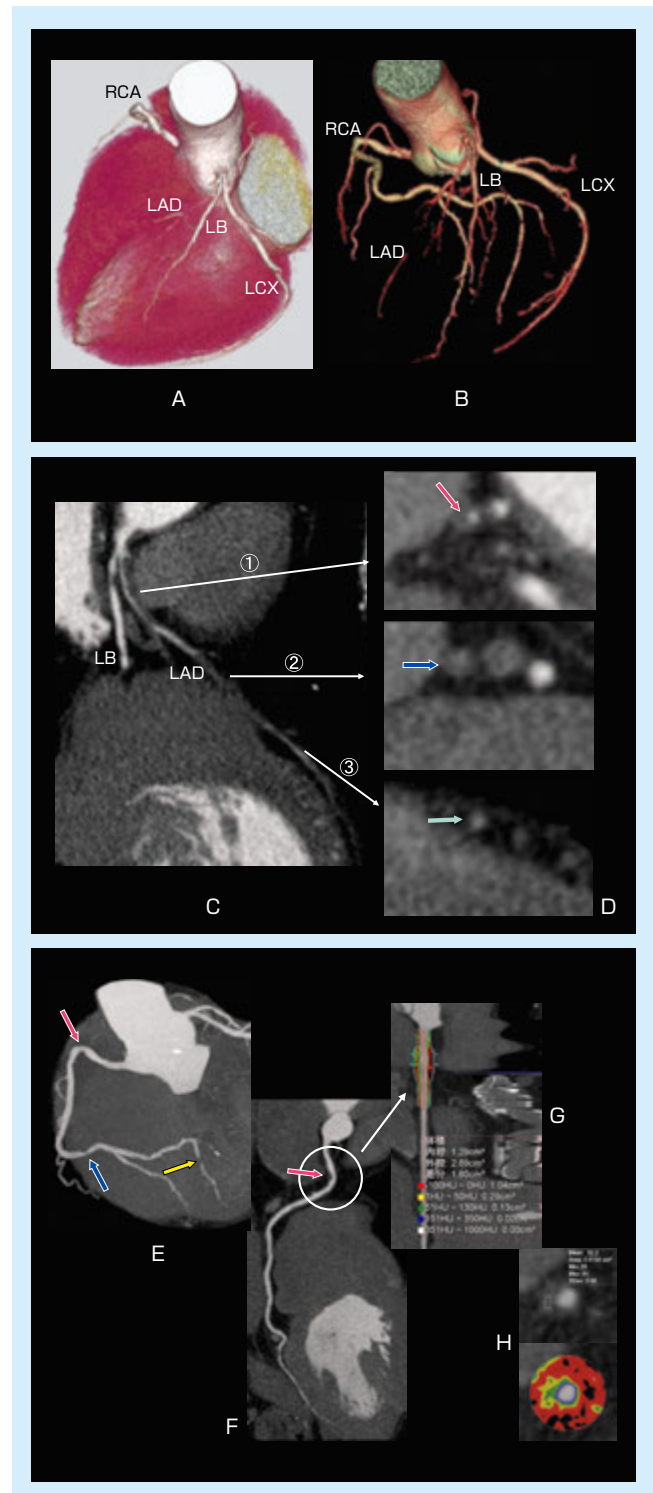


図7：症例4

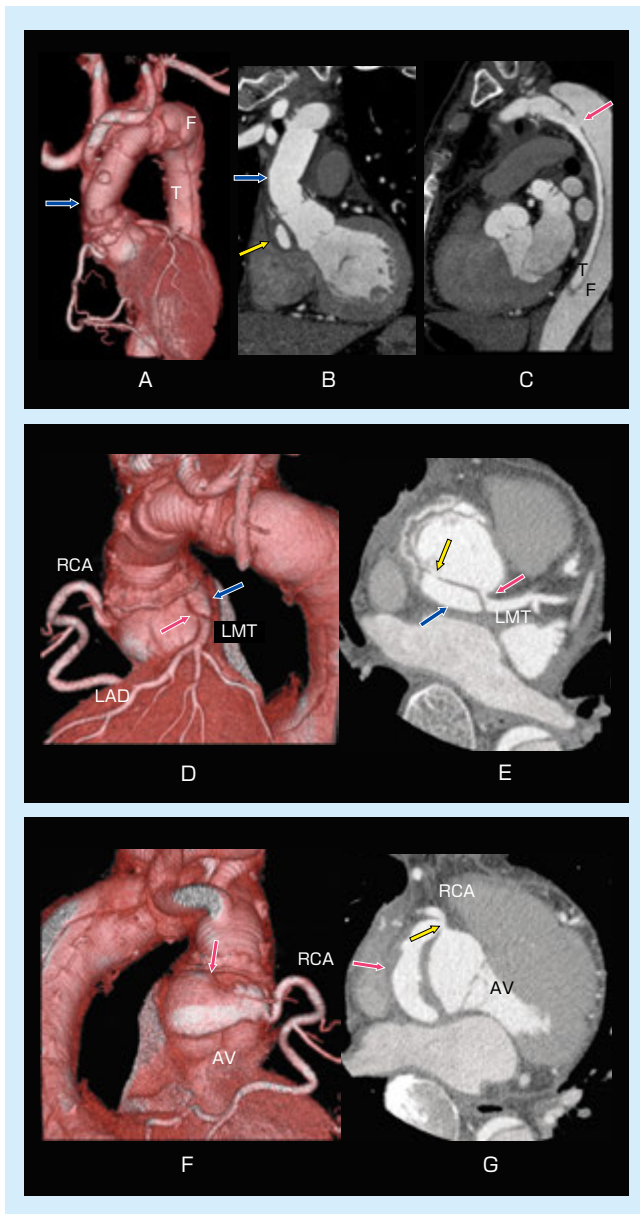


図8：症例5

3. おわりに

64ch マルチスライスCT SCENARIAの本格稼動から間もない時期での報告であるが、本CT装置の高いポテンシャルには日々驚かされている。近年の画像診断の進歩は長足だが、中でもCTの進歩には目をみはるものがある。マルチスライスCTはヘリカルCTに比較してmore faster, more longer, more betterを目指して進化してきたと考えられるが、64chマルチスライスCTの登場以降、さまざまな特性を備えたbeyond 64ch CT scannerが登場してきた。先に述べたように、従来の64chマルチスライスCTを超えるさまざまな基本性能を備えた64chマルチスライスCT SCENARIAは、“Brand-new Beyond 64ch CT Scanner”であると言える。

※1 SCENARIA、※2 Intelli IPは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) 萩原久哉：64列マルチスライスCT「SCENARIA」と新しい被ばく低減技術. 映像情報Medical. 2010 ; 42 : 128-32.
- 2) Fleischmann D. : CT angiography : injection and acquisition technique. Radiol Clin North Am. 2010 ; 48 : 237-47.
- 3) Yoshiaki S, et al. : CNR-based CT Automatic Exposure Control System: Physics Principles, Scanning Technique, and Clinical Implementation. RSNA2010; LL-PHE4068.
- 4) Cornfeld D, et al. : Impact of Adaptive Statistical Iterative Reconstruction(ASIR) on radiation dose and image quality in aortic dissection studies : a qualitative and quantitative analysis. Am J Roentgenol. 2011 ; 196 : 336-40.
- 5) 日本循環器学会 2009年循環器疾患診療実態調査報告書 Web版. http://www.j-circ.or.jp/jittai_chosa/jittai_chosa2009web.pdf
- 6) Nickoloff EL, et al. : A comparative study of thoracic radiation doses from 64-slice cardiac CT. Br J Radiol. 2007 ; 80 : 537-44.