

## 64 列 MDCT による post CABG の評価

### — 当院におけるグラフトについての有用性とその限界について —

横山 博一<sup>1</sup>, 吉田 直哉<sup>1</sup>, 工藤 環<sup>1</sup>, 栗木 敦子<sup>1</sup>, 外山 広明<sup>1</sup>, 山路 竹一<sup>1</sup>,  
本間 仁<sup>1</sup>, 光島 隆二<sup>2</sup>, 鈴木 正人<sup>2</sup>, 鎌田 武<sup>2</sup>, 道井 洋吏<sup>2</sup>

Yokoyama H, Yoshida N, Kudou T, Awaki A, Toyama H, Yamaji T, Honma H, Koushima R, Suzuki M, Kamata T, Doi H: **Assessment of post coronary artery bypass grafts using 64-row MDCT.** J Jpn Coron Assoc 2007; 13: 61-64

#### I. はじめに

CT (computed tomography) が発明されて既に 30 年が経過したが、それ以降の診断技術は大きく変わってしまった。画像診断という新しい言葉が作られ、それまでフィルム現像が中心の医療界はコンピュータを駆使した時代へと突入していった。

また CT の影響で MRI、核医学のコンピュータも同時に進化を遂げていった。一回転 4 分だった CT のスピードも瞬く間に 1 分を切り、どんどん性能がよくなっていった。撮影技術もヘリカル(スパイラル)撮影というテクニックが登場してから大きく変わったが、その技術をもってしても当時は循環器領域とくに心臓・冠動脈の描出は無理であろうというのがまだ一般的な考えであり、ただ一部の施設において実験的に冠動脈の描出を試みているだけであった。循環器(心臓)専用の電子ビーム CT (EBCT) が日本(放医研・飯沼氏)から発明されたが残念ながらその高度な技術は米国へ渡り実用化され、欧米を中心に心臓 CT として一時代を築いた。

1999 年に 4 列のマルチスライス CT (MDCT) が登場して CT で心臓領域の画像が撮影できるようになってきたが、息止めなどが長く患者への負担が依然として続いた。その後急速なメーカーの技術革新により、16 列 CT が実現して本格的な心臓・冠動脈の描出が得られるようになってきた。

2004 年に初めて 64 列 MDCT が登場、従来放射線科の医師が独占していた CT がここへきて循環器科の医師からも普通に関心が寄せられるようになり、ブランク検索や冠動脈インターベンション (PCI) の術前検査として CT を行い、いわゆる治療方針の決定手段としての検査が行われ

徐々に確立されつつある。また、心臓カテーテル検査と比較しても正診率は格段に向上して、NPV (negative predictive value) は 100% に近く除外診断として用いられつつある。

一方、外科系では従来から大血管には造影検査が行われ 3D 画像 (volume rendering; VR) を含めた CT 画像は確立されてきた。CABG (coronary artery bypass grafting) 術後のグラフト開存については 4 列 MDCT が登場して以来実施しているが撮影時間(息止め)が長く、患者への負担も大きかった。16 列 MDCT になり撮影時間の短縮により CT でのグラフト評価が各施設からなされ、報告も多くみられる。

今回当院に 64 列 MDCT が導入され、CABG 術後のグラフト評価について MDCT の有用性とその現状(限界)について述べたいと思う。

#### II. 撮影方法(前処置)

CABG のグラフトに用いられる材料は動脈グラフトと静脈グラフトに分けられる。動脈グラフトは in situ graft (右・左内胸動脈、右胃大網動脈) と free graft (橈骨動脈) がある。静脈グラフト (free graft) は大伏在静脈が用いられることが多い(図 1)。

まず撮影前にカルテにて手術方法を確認して、撮影範囲を決定し患者を CT 撮影寝台に寝かせ、息止めの重要性和造影剤の副作用を説明する。また、酸素マスクを装着して酸素吸入を行う (64 列になり酸素は必要ないと思われるが、グラフト撮影の場合は患者にとってまだ息止めの負担があり 5 l/min を吸入させている) 心臓 CT と違い、グラフト評価の“心臓 CT”では原則としてベータブロッカー(経口)などは使用しない(術後の患者は心拍数が高くなる傾向があり、またベータブロッカーもあまり効果がない)。当院では、心電図を装着して心拍数が 85 を超えなければそのまま実施している。撮影範囲は通常鎖骨下動脈から心臓

心臓血管センター北海道大野病院<sup>1</sup>画像診断部、<sup>2</sup>心臓血管外科  
(〒063-0034 札幌市西区西野四条1丁目)

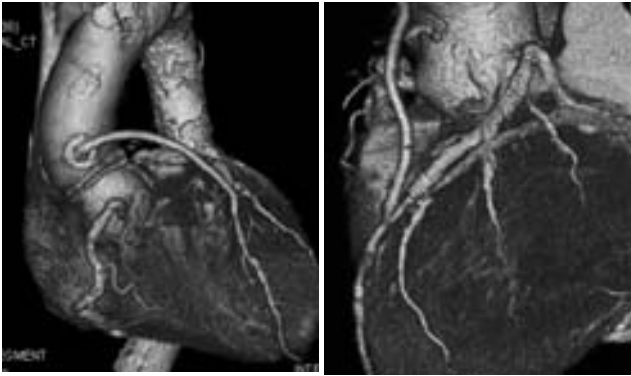


図1 60歳代男性  
LADにステント挿入後、再狭窄をしてSVG-LAD吻合。SVGは他のグラフトに比べて評価しやすい。

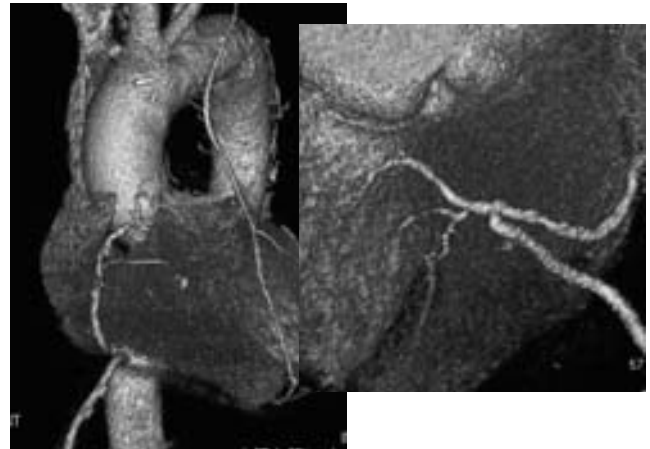


図3 60歳代男性  
LITA-LAD吻合，GEA-RCA吻合。金属クリップがなければ吻合部の評価もしやすい。



図2 40歳代男性  
A：CAG(右内胸動脈造影)，B：MDCTによるVR画像。  
吻合部の著明な狭窄は認めないが金属クリップのため評価しづらい。一方，VR画像は画像処理をしてある程度クリップを削除することで観察しやすくなっている。RITA-LAD吻合。CAGと合致している。

下縁まで，GEA(右胃大網動脈)を使用の場合はさらに胃十二指腸動脈まで広く撮影する(図2)。

撮影方向は頭側から足側へ行い(4列CTでは足側から頭側へ撮影を行っていた)，造影剤は右肘静脈から20Gサーフロー針を使用して注入する。通常両腕は挙上するがこの場合，左腕は挙上しないで行っている。

### III. 術後早期グラフト評価

冠動脈造影(CAG)によるグラフト評価は当院の場合，術後2日目に行っている。当院では従来(4列CT)からCTによる評価は閉塞性動脈硬化症などでCAGが施行できない場合に限って行われていた。術後早期のグラフト評価は開存性，吻合部狭窄の有無が求められる。グラフトが開存しているかどうかをMDCTで判定する場合，グラフトが造影されて見えることが条件で通常静脈(SVG)グラフトは血管径が大きいため容易にわかり，enhanceされてい

ば開存していると評価して問題はない。ここ数年の外科手術では超音波メスが普及し，金属クリップが使用されないケース(とくに内胸動脈のbranchへの使用)が一般的になり，内胸動脈(ITA)の評価は容易になってきた(図3)。しかし，CT特有のartifactのひとつであるblooming artifactのため吻合部の評価ができない場合がある。とくにGEAと右冠動脈に多い。また術後2週間以内では，心臓自体にある体液のため画像コントラストの低下が目立ち，全体としてノイズ(S/N)が目立つ。

### IV. MDCTによる評価成績

MDCTによるグラフト評価については，4列CTから16列CTまでたくさんの報告がなされているが，グラフトの狭窄に関しては4列より16列が勝っているという報告がある。Schlosserら<sup>1)</sup>，大野ら<sup>2)</sup>の報告では16列MDCTのグラフト閉塞診断はsensitivity 99~100%，specificity 93~100%，狭窄診断はsensitivity 58~100%，specificity 98~100%である。

最近の報告ではDijkersら<sup>3)</sup>の64列MDCTで閉塞診断についてはsensitivity 100%，specificity 100%，狭窄診断ではsensitivity 100%，specificity 98.7%という報告があり，一方Ropersら<sup>4)</sup>は狭窄診断はsensitivity 100%，specificity 94%であった。以上から16列の成績に比べ，64列MDCTの診断率は安定している。当院では導入(2006年7月)以来，約5カ月間で心臓CTを150例以上経験して，そのうち術後グラフトCTは32例(遠隔期グラフト4例)を施行した。グラフト評価ではsensitivity 98%，specificity 98%，狭窄診断はsensitivity 98%，specificity 94%である。遠隔期の症例では金属クリップによる評価不能が2例あり，また，競合現象と思われる内胸動脈グラフトを経験した(図4)。

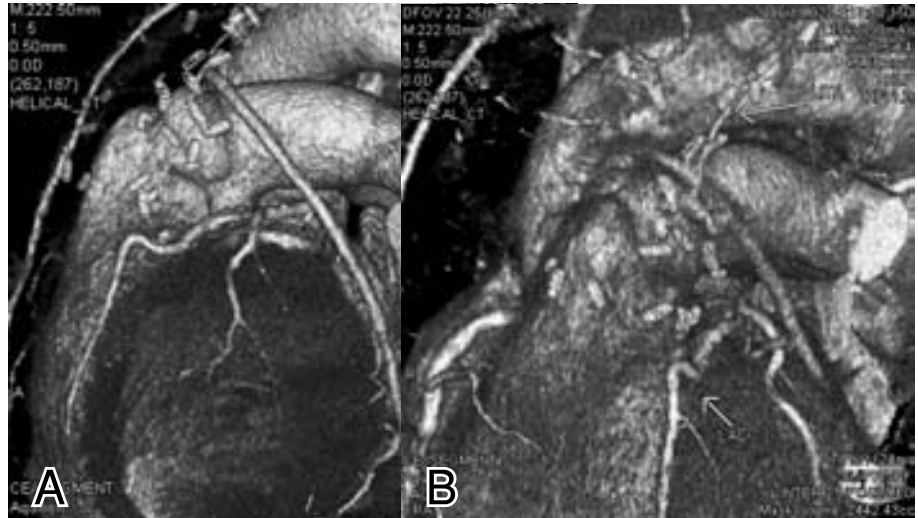


図4 50歳代男性  
LITA-LAD 吻合, SVG-LCX 吻合. 吻合直前でLITAが描出されていない. 吻合部付近でLADが吊り上がっているように見える. おそらく競合現象でLITAが描出されていないか, 狭窄している(CAGでの確認はしていない). 金属クリップの中を走行しているように観察される. B: 拡大.

V. 撮影条件(装置, 薬剤)および画像処理

当院が導入したMDCTは東芝 Aquilion 64 Super Heartで撮影条件は以下の通りである. 135 kV, 380 mA, 0.35 sec, スライス厚0.5 mm, ヘリカルピッチ11.2.

また, 造影剤は370 mg/Iを用い, 撮影範囲にもよるが3.5 ml/90 ml+生食後押し3.5 ml/40 mlの量である. 使用するパワーインジェクターはDual Shot GX(根本)で, 上行大動脈の位置に100 HUを設定してbolus tracking(Real Prep・Auto)により撮影を開始する.

ニトロルスプレーは血圧が100 mmHg以上で, 緑内障等の疾患をもっていないケースに限り用いている. またCTの管球焦点サイズからも僅かながら影響を受け<sup>5)</sup>, できれば小焦点サイズを選択する(図5, 6). 撮影後の画像再構成処理は再構成関数Fc43 BHC(beam hardening correction)なしを使用, 再構成スライス厚1.0 mm, 間隔0.2~0.3 mm, FOV(field of view)は極力絞り通常は240~280 mmである. 画像構築にはwork station(ZIO Station, ザイオ)でVR(volume rendering・3D), slab MIP(maximum intensity projection), curved MPR(multi planar reconstruction)などを作成して評価を行っている. とくに吻合部については多方向から観察している.

VI. MDCTの限界

4列から16列(一部)MDCTまでは撮影に制限(息止め, 撮影範囲)があり, 患者にもかなりの負担をかけていたが, 64列MDCTの登場でグラフトに関してはほぼ実用的な撮影ルーチンになってきた. グラフト評価について心臓血管外科医が要求される項目は3つほどあるが, 2項目(開存性, 吻合部評価)については64列で解決されつつある. 残るひとつは血流の方向である. 外科医がCT画像に対して必ず質問するこの問題について, 依然明快な回答を出すことができてはいない. また, 金属クリップによる

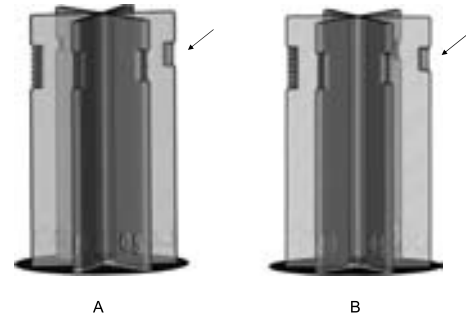


図5 クシ状ファントムによる焦点サイズの比較  
小焦点(B)によるクシ間隔が幾分割れていて解像度が良いように見える. A: Large, B: Small(↑印箇所).

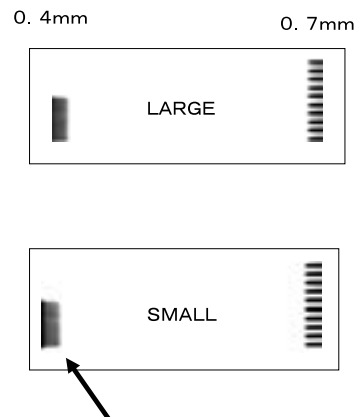


図6 クシ状ファントムのMIP像  
Small(小焦点)で僅かにクシの形状がわかる. Large(大焦点)は評価不可.

artifact, 高心拍, 不整脈等による画像評価不能も同様である.

グラフトが見えていても本当に血流がグラフトから吻合部を通してnative coronary arteryに血液が流れている証拠がなく, とくにnative arteryの狭窄が軽度でグラフト

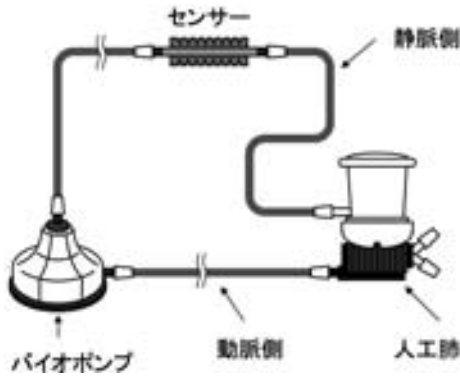


図7 実験に用いた人工心肺回路

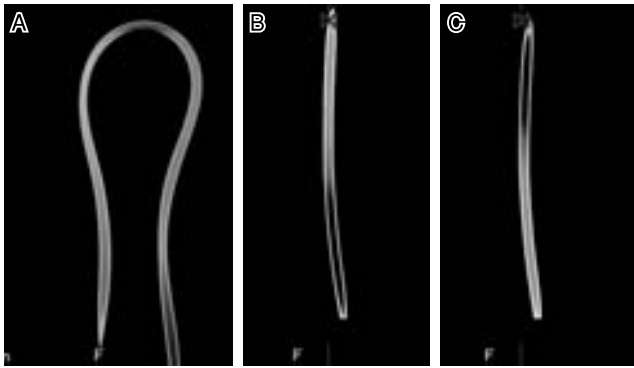


図8 人工心肺回路にて撮影したホースの内腔・MPR像(造影剤を注入しながら撮影)  
A: 閉鎖回路にて撮影した濃度変化. B, C: 撮影方向を変えて撮影(これによって血流の方向がわかる?!). 画像はすべてMPR像.

の血流圧が低い場合、競合現象がみられCTではグラフトが描出されない場合がある。この解決法のひとつとして以下のような実験を行ってみた。

人工心肺回路を用い、図7のような、①閉鎖回路にて循環させながらパワーインジェクターにて造影剤を注入しながら回路を撮影して、そのホース内の造影剤濃度(CT値)を測定する。②次にホースの片側を開放してバケツに貯めるようにして上記の条件にて循環させ、造影剤を注入しながら撮影(in方向)を行う。③同様に撮影方向(out方向)を変えて繰り返し撮影を行う。④最後に撮影テーブルを固定にて撮影しTDC(time density curve)を測定する。64列(東芝)の検出器はZ軸(体軸方向)に32mmの長さがあり、32mm間の両端と中間で0.2mmの再構成画像を①～④で作成、CT値を比較検討する(図8)。その結果、僅かながら後半でCT値が高い結果となった。この実験では造

影剤が流れる方向はわかっているの、これらから実際の得られたグラフト内のCT値を測定してそれぞれ比較検討を行った。内胸動脈では頭側から足側へCT値が上昇、胃大網動脈では逆にCT値が下がった。以上から血流の方向が推定されるが、競合現象でグラフトがあまり描出されない場合やstring signを呈する場合の画像については、得られるCT値の信頼性は低い。

## VII. まとめ

今回 gold standard である CAG と比較検討を行った。その結果 64 列 MDCT 画像は CAG とその走行がよく一致した。

64 列 MDCT が登場して循環器領域の画像診断は大きく変わり、とくに術後早期・遠隔期のグラフト評価について当院の場合、以前の CAG から少しずつ置き換わってきている印象を受ける。今後装置が改良、進歩して 256 列 MDCT や 512 列(併せて空間分解能も現在の 0.5 mm から 0.25 mm)の MDCT が登場すると、上記の問題(血流の方向性, artifact 等)が解決され、ますます診断カテーテルが不要になる時代が現実的になるであろう。最近の diagnosis procedure combination の導入等で高額な検査が減ってきている現状では、MDCT による術後グラフト評価は患者への負担も大幅に減らせ今後に期待されている。64 列 MDCT の当院での使用経験と MDCT の限界・問題点を述べた。また、今回触れなかった被曝についても今後解決していかなければならない課題である。

最後に今回実験等で協力していただいた当院の臨床工学科のスタッフに感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Schlosser T, Konorza T, Hunold P, Kuhl H, Schmermund A, Barkhausen J: Noninvasive visualization of coronary artery bypass grafts using 16-detector row computed tomography. J Am Coll Cardiol 2004; 44: 1224-1229
- 2) 大野美紀子, 三木真司, 溝口 哲, 河野 裕, 松前宏信, 加藤雅史, 吉田 章: 16 列マルチスライス CT (MDCT) による冠動脈バイパスグラフト吻合部の評価. 冠疾患誌 2004; 10: 158-162
- 3) Dijkers R, Willems TP, Tio RA, Anthonio RL, Zijlstra F, Oudkerk M: The benefit of 64-MDCT prior to invasive coronary angiography in symptomatic post-CABG patients. Int J Cardiovasc Imaging 2006; Nov 4 (Epub ahead of print)
- 4) Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pfloderer T, Anders K, Daniel WG, Bautz W, Baum U, Achenbach S: Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. Circulation 2006; 114: 2334-2341
- 5) 越智茂博, ほか: 16 列 MDCT を用いた心電同期撮影パラメータの基礎的検討. 平成 15 年度全国放射線技師総合学会大会