

「心血管病画像診断の進歩」

虚血性心疾患の診断における SPECT/CTCA fusion imaging の有用性： お互いの弱点をいかに補完するか

待井 宏文* 竹石 恭知

Hirofumi MACHII, MD*, Yasuchika TAKEISHI, MD, FJCC

福島県立医科大学医学部循環器・血液内科学講座

要 約

目的 近年、冠動脈病変の機能的評価法である心筋血流 SPECT と冠動脈 CT (CTCA) 画像を3次元的に癒合する手法 (SPECT/CTCA fusion imaging) が開発された。これにより、冠動脈の解剖とリスクエリアの情報が同時に得られるようになり、臨床的な有用性が明らかとなってきた。しかしながら、同手法が高度石灰化を有する冠動脈病変に対して有用であるか否かは明らかでない。

方法 虚血性心疾患診断を目的として心筋血流 SPECT と CTCA をほぼ同時期に施行した 68 症例、192 領域。CT において石灰化の程度により血管内腔の評価が可能な群と不可能な群の 2 群に分けた。SPECT/CTCA fusion imaging を作成し、それぞれの冠動脈枝と心筋灌流異常が一致するかを検討した。

結果 CTCA 単独では、192 枝中 58 枝が高度石灰化のために評価困難であった。しかしながら、SPECT/CTCA fusion imaging を用いることにより高度石灰化グループにおいて 58 枝中 23 枝 (39.7%) で灌流異常が明らかになった。

結語 SPECT/CTCA fusion imaging は、これまで冠動脈 CT 単独では評価困難であった高度石灰化を有する冠動脈病変での虚血診断に有用であることが示唆された。

<Keywords> 虚血性心疾患
冠動脈石灰化
心筋虚血

コンピューター断層撮影
放射線核医学画像

J Cardiol Jpn Ed 2011; 6: 286 – 291

背景および目的

現在、多くの施設において冠動脈 CT (CTCA) の主役は 64 列 multidetector-row CT (MDCT) であり、広く普及している。CTCA は空間分解能が高く、精密な冠動脈の解剖学的情報を提供することが可能であり¹⁾、冠動脈狭窄の除外診断に有用である。しかし、冠動脈病変の機能的評価法としての位置づけに関してはいまだ明らかではない²⁾。さらに、高度石灰化を有する冠動脈病変ではしばしば内腔評価が困難³⁾なため、他のモダリティーに頼らざるを得ないのが現状である。

一方、心筋血流 SPECT は機能的評価に優れているが空間

分解能が低く、解剖学的位置情報に乏しい³⁾といった問題点が挙げられる。さらに心筋下壁に偽集積低下をきたすことがあり、心筋虚血診断における大きな課題であると言える。

近年、CTCA と SPECT 画像を癒合させた SPECT/CTCA fusion imaging 法が可能になり、解剖学および機能的情報を同時に取得することが可能となった⁴⁾。これまで我々は同手法を用いて虚血性心疾患の診断能が向上することを報告してきた⁵⁾。しかしながら、高度石灰化を有する冠動脈枝における同手法の有用性は明らかではない。

そこで我々は、CTCA 単独では内腔評価が困難な高度冠動脈石灰化を有する症例における同手法の有用性を検討することを目的とした。

* 福島県立医科大学医学部循環器・血液内科学講座
960-1295 福島市光が丘 1
E-mail: machii@fmu.ac.jp

対象と方法

1. 対象

2007年3月から2009年5月の間に狭心症疑いでCTCAおよび心筋血流SPECTを1カ月以内に施行された68症例（男性/女性=47/21, 平均年齢 68.0 ± 12.1 歳）を対象とした。画像不良症例, 心房細動症例, 陳旧性心筋梗塞症例, 冠動脈バイパス術の既往症例は除外とした。

2. 方法

1) CTCA

機種は64列MDCT; Aquilion 64 (東芝メディカルシステムズ)を使用。撮影条件は以下のとおり。

- ・ Tube voltage ; 135 kV
- ・ Tube current ; 350 mA
- ・ Rotation ; 400 msec
- ・ Time scan ; Real prep (ascending aorta 200 HU)
- ・ Reconstruction ; ZIOSTATION, Ziosoft

2) 心筋血流 SPECT

機種はGCA-9300A/HG (東芝メディカルシステムズ)を使用し, 可能な限り運動負荷による検査を施行した。運動負荷困難例ではアデノシンを用いた薬物負荷を行った。撮影条件は以下のとおり。

- ・ Projection images ; 360-degree arc in 5-degree increment
- ・ Preprocessing ; Butterworth filter (8, 0.33)
- ・ Reconstruction ; FBP Method
- ・ Energy window ; ^{99m}Tc 140 keV \pm 10%

3) SPECT/CTCA fusion imaging

CTCAのデータと心筋血流SPECTにより得られたデータをオンラインにてワークステーションZIOSTATION (Ziosoft社)に取り込みfusion画像作成を行った。

4) 評価方法

①CTCAにて, すべての冠動脈枝を視覚的に石灰化の程度により以下の2群に分けた。

None-mild group : 石灰化が無いもしくはわずかに認めるのみで, CTCA単独で冠動脈内腔の評価が可能。

Moderate-severe group : 石灰化のために, CTCA単独での

冠動脈内腔の評価が不可能。

②高度石灰化により内腔の評価が不可能な症例において, 3D-SPECT/CTCA fusion imagingによる集積異常が, 各石灰化枝の支配領域と一致するかを検討した (内腔の評価が可能な症例では, 冠動脈径の75%以上狭窄を有意狭窄とし, 同手法で虚血を診断した)。

なお虚血評価に関しては, 2名以上の循環器内科医によって合議により判読した。

結果

今回解析した68症例192領域のうち, CTCA単独では, 58枝 (30.2%)が高度石灰化のために評価困難であった。しかしながら, SPECT/CTCA fusion imagingを用いることにより高度石灰化グループにおいて, 58枝中23枝 (39.7%)でperfusion abnormalityが明らかになった。各枝の分析では, 左前下行枝の高度石灰化例ではperfusion abnormalityを認める症例が比較的多く見受けられ, 一方で, 右冠動脈の高度石灰化領域では18.8%のみにperfusion abnormalityを認めるに留まった。

一方, 非石灰化グループにおいては, fusion imagingにて134枝中16枝 (11.9%)にperfusion abnormalityが明らかになった ($p < 0.01$ vs. moderate-severe group)。また, CTで内腔評価が可能な非~軽度石灰化症例を見てみると, SPECT/CTCA fusion imagingを用いることでCTの狭窄度診断が過大評価傾向になることを示唆した結果となった (表1)。

SPECT/CTCA fusion imagingが診断に有用であった症例を提示する。非心臓手術術前に多重冠動脈リスクファクターがあり冠動脈疾患の評価目的にCTCAを施行した症例である。CTCAでは左前下行枝に高度の石灰化プラークの付着を認め (図1), CTCA単独での内腔評価が困難な症例であった。そこで, 引き続き心筋血流SPECTを施行しCTCAとのfusion画像を作成したところ, 対角枝領域に一致したperfusion abnormalityに加え (図2), 右冠動脈領域に一致したperfusion abnormalityを認めた (図3)。すなわち, 高度石灰化を有する冠動脈の支配領域のperfusion abnormalityを明らかにするのみならず, 冠動脈の解剖とリスクエリアの把握に有効な症例であった。

表1 石灰化を伴う冠動脈病変におけるSPECT/CTCA fusion imagingの有用性.

| | Calcification (vessels, %) | Coronary stenosis by CTCA (vessels, %) | | Perfusion abnormality by fusion imaging (vessel areas, %) | |
|-----------------------|-------------------------------|--|-------------|---|-------------|
| | | (+) | (-) | (+) | (-) |
| | | | | | |
| All vessels (n = 192) | | | | | |
| moderate-severe | 58 (30.2%) | NA | NA | 23 (39.7%) | 35 (60.3%) |
| none-mild | 134 (69.8%) | 27 (20.1%) | 107 (79.9%) | 16 (11.9%) | 118 (88.1%) |
| LAD (n = 63) | | | | | |
| moderate-severe | 26 (41.3%) | NA | NA | 14 (53.9%) | 12 (46.1%) |
| none-mild | 37 (58.7%) | 12 (32.4%) | 25 (67.6%) | 4 (10.8%) | 33 (89.2%) |
| LCx (n = 65) | | | | | |
| moderate-severe | 16 (24.6%) | NA | NA | 6 (37.5%) | 10 (62.5%) |
| none-mild | 49 (75.4%) | 6 (12.3%) | 43 (87.7%) | 5 (10.2%) | 44 (89.8%) |
| RCA (n = 64) | | | | | |
| moderate-severe | 16 (25.0%) | NA | NA | 3 (18.8%) | 13 (81.2%) |
| none-mild | 48 (75.0%) | 9 (18.7%) | 39 (81.3%) | 7 (14.6%) | 41 (85.4%) |

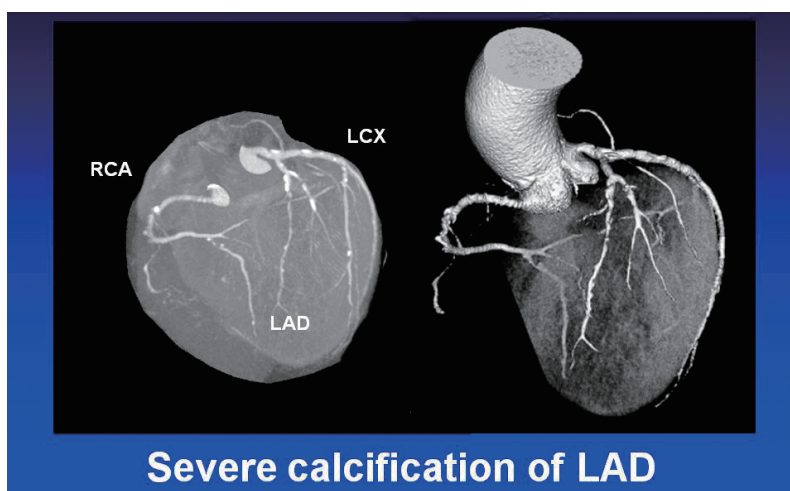


図1 左:maximum intensity projection (MIP) 像, 右:volume rendering (VR) 像. 3枝ともに中等度強の石灰化を認める. とくに左前下行枝は, 対角枝も含めて高度の石灰化を認め, CTCA単独での血管内腔の評価は困難な症例である.

RCA : Right coronary artery, LAD : Left anterior descending coronary artery, LCx : Left circumflex coronary artery.

考 察

現在, 多くの施設において64列MDCTが主流となっており, 心拍数コントロールや息止めにより, より精密な冠動脈の描出が可能となっている. 64列MDCTを用いたCTCAの診断能に関しては, その陰性適中率の高さから, 冠動脈狭窄の除外診断 (rule out) に適していると報告されている^{5,6)}. ま

た, 心筋血流SPECTは心臓カテーテル検査を行うか否かのgate keeperの役割を担うモダリティであるとも言える⁷⁾.

しかしながら, CTCAに関しては冠動脈狭窄がそのまま心筋虚血を反映せず, 狭窄度を過大評価してしまう傾向にあることが問題点として挙げられる²⁾. 一方で, 心筋血流SPECTに関しては過去の膨大なエビデンスの蓄積から予後予測診断

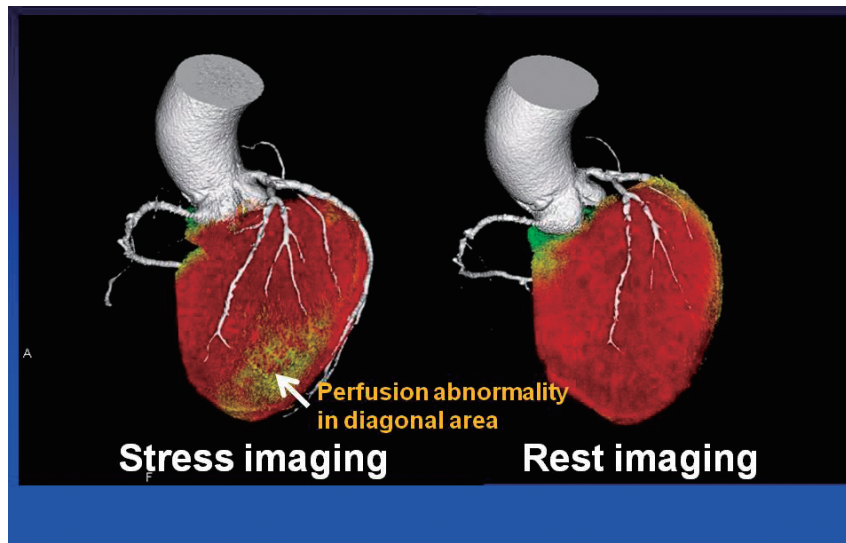


図2 SPECT/CTCA fusion imaging.
左：Stress像，右：Rest像。対角枝領域に一致したperfusion abnormalityを認め，同枝の有意狭窄病変の存在が疑われた。

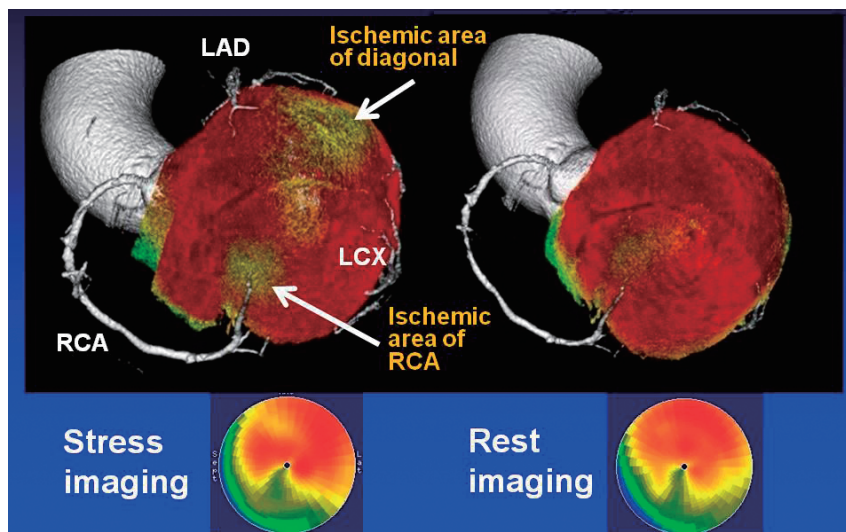


図3 心筋血流SPECTとSPECT/CTCA fusion imagingとの比較。
左：Stress像，右：Rest像（上段がSPECT/CTCA fusion imaging，下段が心筋血流SPECTによるBull's eye所見）。Bull's eye所見と対比しやすいように，SPECT/CTCA fusion imagingを心尖部から観察している。対角枝領域のperfusion abnormalityに加えて，右冠動脈領域にもperfusion abnormalityを認め，同枝にも有意狭窄病変の存在が示唆された。
RCA：Right coronary artery, LAD：Left anterior descending coronary artery, LCX：Left circumflex coronary artery.

に有用であるものの、しばしば心筋下壁に偽陽性所見を認めることや空間分解能の低さから冠動脈支配の同定が困難な場合があるなど解剖学的情報に乏しいことが問題点と言える⁹⁾。

そこで、我々はSPECT/CTCA fusion imagingを用いることで両モダリティーの相補性について検討してみた。その結果、SPECTでは弱点とされる心筋下壁領域や側枝領域の虚血診断能が向上するのみならず、3D表示することにより、2D画像では評価が難しかった真の虚血領域をより鮮明に把握することが可能になることを報告してきた⁵⁾。また、今回の検討において、CT単独では評価が困難な高度冠動脈石灰化枝の虚血評価およびリスクエリアの把握にも有用であることが示唆された。さらに多少のmotion artifactがある例でも、fusion imagingを用いることで冠動脈支配に一致したperfusion abnormalityを指摘することも可能である。

しかしながら、非常に有用な手法である一方で、ZIOSTATIONでのfusionの手法は、2Dおよび3Dで単純にSPECTとCTCAの画像を重ね合わせるため、画像再構成に経験を有するという問題点があった。また、安静時と負荷時におけるSPECT画像をCTCA画像にそれぞれfusionさせる必要があり、画像処理に手間がかかるという難点も有していた。その様な観点から、ワークステーションの更なる向上が望まれるところである。

最新のZiosoft社のワークステーションでは大動脈・冠動脈・左室心筋の自動抽出能が搭載されたことにより、格段に画像処理時間が短縮されている。また、CTとSPECTの重ね合わせに関しても、心筋SPECTの放射状プロファイルの最大値を冠動脈CTから抽出した左室表面にマッピングするという新しいアルゴリズムが開発され、より高い再現性を得ることができる使用となっている。さらには、SPECTのRest像・Stress像に加えReversibility像(=正規化したRest像-正規化したStress像)を同時にCTにマッピングできる優れた機能が追加され、リスクエリアをよりクリアカットに表示することにより、虚血性心疾患の治療戦略決定に有用になると思われる。

結 語

3D-SPECT/CTCA fusion imagingを用いることにより、これまでCT単独では評価困難であった高度石灰化を有する冠動脈枝の虚血評価およびリスクエリアの把握が可能になる

と考えられた。

文 献

- 1) Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, Gerber TC, Gersh B, Hillis LD, Hundley WG, Manning WJ, Printz BF, Stuber M, Woodard PK. Noninvasive coronary artery imaging: Magnetic resonance angiography and multi-detector computed tomography angiography: A scientific statement from the American Heart Association Committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention, and the councils on clinical cardiology and cardiovascular disease in the young. *Circulation* 2008; 118: 586-606.
- 2) Gaemperli O, Schepis T, Koepfli P, Valenta I, Soyka J, Leschka S, Desbiolles L, Husmann L, Alkadhi H, Kaufmann PA. Accuracy of 64-slice CT angiography for the detection of functionally relevant coronary stenoses as assessed with myocardial perfusion SPECT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007; 34: 1162-1171.
- 3) Cademartiri F, Mollet NR, Runza G, Bruining N, Hamers R, Somers P, Knaapen M, Verheye S, Midiri M, Krestin GP, de Feyter PJ. Influence of intracoronary attenuation on coronary plaque measurements using multislice computed tomography: observations in an ex vivo model of coronary computed tomography angiography. *Eur Radiol* 2005; 15: 1426-1431.
- 4) Scindler TH, Magosaki N, Jeserich M, Oser U, Krause T, Fischer R, Moser E, Nitzsche E, Zehender M, Just H, Solzbach U. Fusion imaging: Combined visualization of 3D reconstructed coronary artery tree and 3D myocardial scintigraphic image in coronary artery disease. *Int J Card Imaging* 1999; 15: 357-368.
- 5) Machii H, Takano M, Oikawa M, Sugimoto K, Satoh T, Mizukami H, Misaka T, Takeishi Y. Utility of SPECT/CTCA fusion imaging to identify risk area: Comparisons with conventional SPECT imaging. *Circulation J.* 2010; 74: 587.
- 6) Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grünfelder J, Marincek B, Wildermuth S. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology; First experience. *Eur Heart J* 2005; 26: 1482-1487.
- 7) Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, Serruys PW, Krestin GP, de Feyter PJ. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 2005; 112: 2318-2323.
- 8) Berman DS, Hachamovitch R, Shaw LJ, Friedman JD, Hayes SW, Thomson LE, Fieno DS, Germano G, Wong ND, Kang X, Rozanski A. Noninvasive risk stratification in CAD. *J Nucl Med* 2006; 47: 1107-1118.
- 9) Schuijff JD, Wijns W, Jukema JW, Atsma DE, de Roos A, Lamb HJ, Stokkel MP, Dibbets-Schneider P, Decramer I,

De Bondt P, van der Wall EE, Vanhoenacker PK, Bax JJ.
Relationship between noninvasive coronary angiography
with multi-slice computed tomography and myocardial

perfusion imaging. J Am Coll Cardiol 2006; 48; 2508-
2514.