

# 320 列 ADCT を用いた安静時心筋 Perfusion の有用性

## - Fractional Flow Reserveとの比較評価-

一般財団法人大原記念財団 画像診断センター ○村松 駿(Muramatsu Shun)

工藤 綾子 小林 貴 小林 真美子 宮腰 祥平 森谷 浩史

一般財団法人大原記念財団附属大原医療センター 循環器内科 待井 宏文

### 【はじめに】

虚血性心疾患の診断は、リスク因子や症状と外来での心電図や心エコー検査により必要と認められた患者に対して、冠動脈computed tomography(CT)による形態評価や心筋血流シンチグラフィや心臓magnetic resonance imaging(MRI)による機能評価を用いて行われる。特にpercutaneous coronary intervention(PCI)や投薬治療などの治療方針決定には、心筋血流評価による虚血の有無や範囲の診断が重要となる。虚血性心疾患の治療方針を決定するにあたって、冠動脈の狭窄の程度だけではなく病変に起因する心筋虚血の有無やその範囲を評価して治療方針を決定することがその長期予後に大きく寄与すると報告されている。そのため冠動脈狭窄を認めた場合には心筋血流評価が必要となるが、心筋血流評価には侵襲的な冠動脈造影検査coronary angiography(CAG)の下で行われる機能的血流予備比fractional flow reserve(FFR)の測定と、非侵襲的な心筋シンチグラフィやCT・MRIによる画像診断法の大きく2種類の評価法がある。FFRは、狭窄病変が機能的に有意狭窄であるか否かを95%の精度でcut-off pointで明確に評価できると報告されている。現在、臨床で最も行われている心筋血流評価法は、豊富なエビデンスを持ち非侵襲的な画像診断の代表として心筋血流シンチグラフィが確立された検査法にある。しかし、空間分解能の低さと冠動脈の評価が同時に行えない欠点がある。CTによる心筋血流の評価は従来では、撮像範囲は限定されるという欠点があったが、320列area detector computed tomography(ADCT)の普及によって広範囲の撮像が可能となったことから、時間的・空間的にズレのない画像を得られることが可能となった。そこで近年では、320列ADCTを利用した心筋perfusion CTが普及しつつある。撮影された心筋perfusion画像の解析applicationとして東芝clinicalのMyocardial Perfusionがある。これは、安静時・負荷時それぞれを造影剤のfirst passによる心筋の造影効果をtransmural perfusion ratio(TPR)のカラーマップと数値で表すapplicationである。心筋perfusion CTの方法としては主に、dynamic撮影を行う方法と、1心拍のみの撮影を行う2通りの方法がある。どちらも共通して、冠動脈computed tomography angiography(CTA)の評価も同時に行われているが、安静像と薬物負荷像の2つの画像が診断には必要である。そのため、通常の冠動脈CTA検査に加え、被ばく量の増加・造影剤使用量の増加・薬物負荷像による検査時間の増加が問題となっている。

### 【目的】

通常の冠動脈CTAのみの早期動脈相の撮影データからMyocardial Perfusion applicationで解析したTPRの数値で冠動脈狭窄および安静時での心筋還流異常の診断確度をFFRの測定結果をゴールドスタンダードとし比較検討することで、有用性を評価することである。TPRおよび、FFRのcut off値は0.8以下を虚血ありとした。

### 【方法】

対象は、2015年1月から2017年6月までの期間に、虚血性心疾患が疑われ、320列ADCTを用いて冠動脈CTAを実施した症例のうち、画像不良例、陳旧性心筋梗塞例、冠動脈形成術後例、冠動脈バイパス術後例、低心機能症例left ventricular ejection fraction(LVEF)が50%以下は除外とし、30日以内にCAG及びFFR検査を行なった31症例を対象とした。使用機器、CT装置は、320列ADCT(Aquilion ONE ver.4.9.3:東芝メディカルシステムズ社製)である。造影剤自動注入器(デュアルショットGXV:根本杏林堂)、心電図モニタ(IVY3000:クロノスメディカルデバイス社製)を併用した。FFRデバイスは、(Verrata:フィリップスエレクトロニクスジャパン社製)を使用した。心拍数コントロールは、1時間前に心拍数を測り、60 bpm以上ならセロケンを20 mgから60 mg内服した。検査時に心拍数が65 bpm以上なら、本撮影前にコアベータを4 mgから12.5 mgを生理食塩水と溶解させ静注した。造影条件は、ヨード含有量が350 mgI/mlの造影剤を使用し、注入速度は体重×0.08 ml/sとした。造影剤注入時間を一定とし造影剤12秒注入、生理食塩水は30 mlを造影剤と同速度で注入した。撮影タイミングは、上行大動脈にROIを設置し、ポーラストラッキング法を用い、造影剤注入開始10秒後からリアルタイムにスキャンを行い、CT値が240 HUに到達したら、息止め音声の流れ本スキャンを開始する。撮影範囲は、カルシウムスコア撮影時の単純CT画像から冠動脈全体が含まれる最小の範囲で設定した。撮影条件は、管電圧は120 kV、ガントリ回転速度は0.35 s/rot、撮影スライス厚は

0.5 mm,管電流はCT-automatic exposure control(AEC)機能を使用し,0.5 mm画像スライス厚の設定standard deviation(SD)を25とした.Prospective CTAモードを使用し,呼吸停止練習時の心拍数から60 bpm以下は拡張中期心位相(RR70-80%)に設定し1心拍撮影とした.60 bpmから65 bpmは,拡張中期心位相(RR65-80%)で2心拍撮影とした.65 bpmから70 bpmは,収縮末期心位相から拡張中期心位相(RR30-80%)で2心拍撮影とした.70 bpm以上または,呼吸練習時に不整脈が表れた症例は,Prospective CTAモードからContinuousモードにして2心拍撮影した.冠動脈CTAにおける画像再構成は,画像スライス厚は0.5 mm,再構成間隔を0.25 mmとし,再構成関数はFC13(標準軟部関数)を使用,逐次近似応用再構成法であるadaptive iterative dose reduction(AIDR3D)の設定強度はmildを使用した.撮影データから再構成可能範囲で最適な静止心位相をハーフ再構成した.Myocardial Perfusion applicationの解析用に,本来は画像スライス厚は3 mm,再構成間隔を3 mmとし,再構成関数はFC03(標準軟部関数)が推奨されているが,本研究では冠動脈CTAのデータと同じく画像スライス厚は0.5 mm,再構成間隔を0.25 mm,再構成関数はFC13とした.2心拍撮影を行なった症例は左室の造影効果が高いデータを使用した.これらの条件で,冠動脈CTAを行い,冠動脈狭窄部位を患者ごとにAHAセグメント分類し,心筋Perfusion解析結果の低下位置を3名(循環器内科医;2名/放射線技師;1名)で行い断定した.そこから,FFRの数値と心筋Perfusion解析のTPR数値とを比較検討した.統計解析法には,T検定を使用し,有意差は5%とした.

### 【結果】

FFRの値が0.8以上(虚血なし)であった群と,0.8以下(虚血あり)であった群とを, T検定及び,中央値±標準偏差でTable 1に示す.NS= not significant.

TPRとFFRを比較検討した結果をTable 2に示す.そこから得られたTPRの有用性をTable 3に示す.また,FFRをゴールドスタンダードとした際のTPRの有用性をROC曲線でFig.1に示す.

Table 1 FFRでの虚血なし群と虚血あり群との比較結果

	FFR $\geq$ 0.8(n=16)	FFR<0.8(n=15)	P value
Sex	M;14 F;2	M;11 F;4	NS
Age	75 $\pm$ 4	67 $\pm$ 9	NS
Height(cm)	162 $\pm$ 8	161 $\pm$ 10	NS
Weight(kg)	64 $\pm$ 6	67 $\pm$ 13	NS
BMI	25 $\pm$ 3	26 $\pm$ 4	NS
Ca score	278 $\pm$ 244	320 $\pm$ 356	NS
HR(bpm)	56 $\pm$ 7	62 $\pm$ 9	NS
CT value	474 $\pm$ 93	461 $\pm$ 88	NS
TPR	0.83 $\pm$ 0.13	1.00 $\pm$ 0.15	NS

Table 2 TPRとFFRの比較結果

	FFR $\leq$ 0.80	FFR > 0.80
Perfusion abnormality (+)	8	0
Perfusion abnormality (-)	8	15

Table 3 TPRの有用性

Sensitivity	Specificity	NPV	PPV
0.5	1.0	0.65	1.0

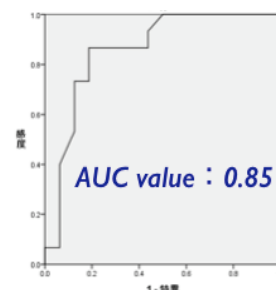


Fig.1 TPRとFFRのROC曲線

### 【考察】

CTは他モダリティと比較して,空間分解能は優れているがコントラスト分解能が劣る.そのため,機能診断においてはMRIやSPECTが優れているが,同時に冠動脈の評価も可能であることや短時間で検査が終えられる点で本手法は有効だと思われる.本研究は半定量的なTPRの数値で検討したが,fusion画像の方が,責任血管病変部が一目でわかりやすいため,今後のソフトウェアの技術革新にも期待したい.本来,application上で推奨される画像スライス厚は3 mmで,再構成間隔は3 mmが使用されるが,本研究では,当院の冠動脈3D作成用のデータである画像スライス厚0.5 mm,再構成間隔0.25 mmを使用した.1つのデータを使用することにより,再構成に時間をかけることなく作成できる.また,パーシャルボリューム効果を減らしているだろうと考えられる.

### 【結語】

虚血性心疾患診断において,冠動脈CTのもつNPVの高さと,本手法を組み合わせることで,今後,CT単独での虚血性心疾患診断が可能であることが示唆された.