

医工連携研究で開発した石灰化除去フィルターの臨床評価

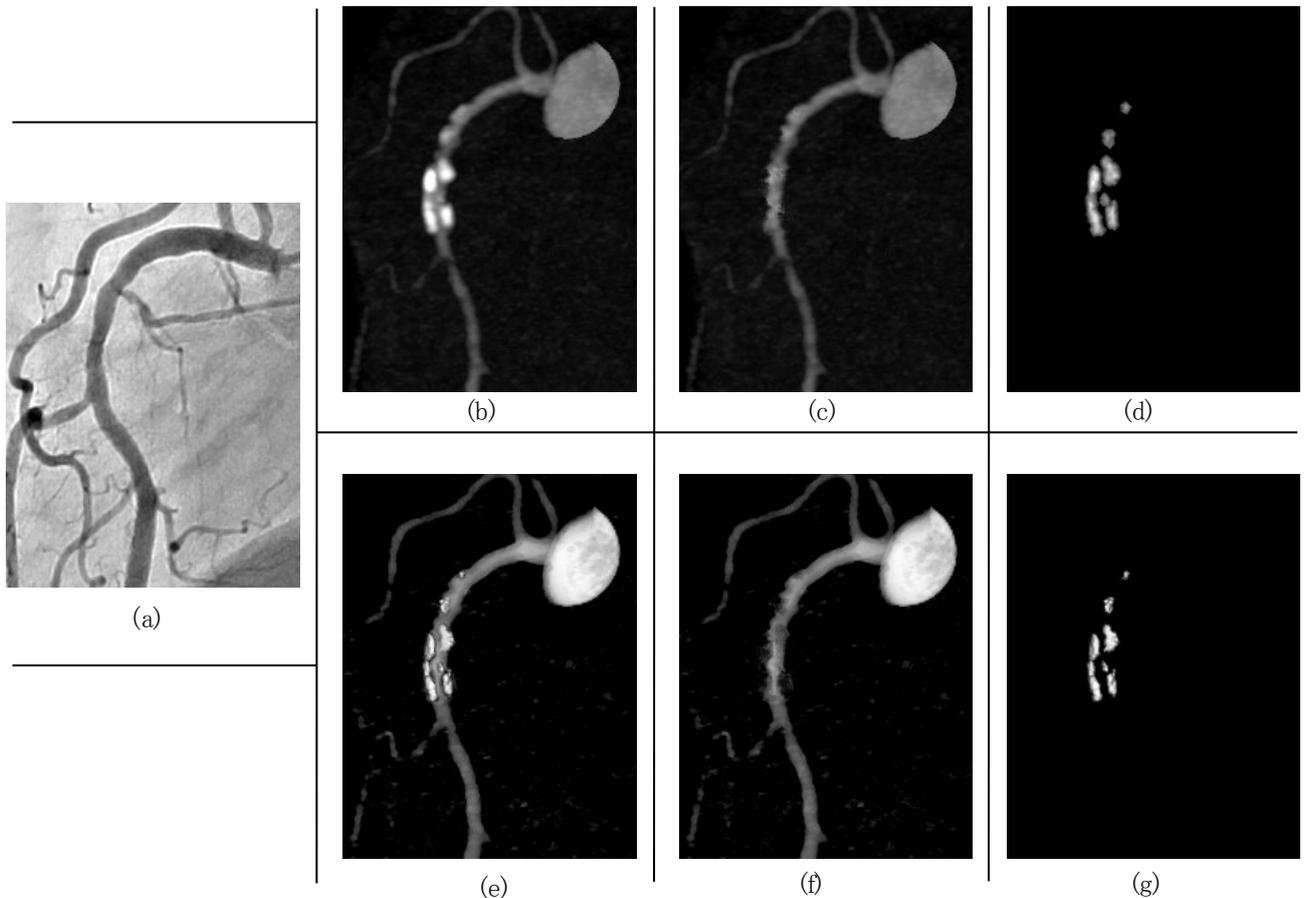
日本海総合病院 放射線部
 渋谷 幸喜 先生

【研究背景】

循環器疾患の非侵襲的診断法の重要性は、近年の画像診断技術の進歩に伴い著しく増大し、多くの疾患の診断・治療において不可欠な役割を果たしている。2004年から実施されている日本循環器病学会による本邦における循環器疾患の診療実態調査の推移を見ても、侵襲的冠動脈造影検査 (CAG : Coronary Angiography) は頭打ちであるのに対し、冠動脈CT (CCTA : Coronary Computed Tomographic Angiography) は増加し続けている。CCTAは、MSCT (Multi Slice Computed Tomography) の検出器多列化とともに、心電図同期法の応用、造影技術の進歩により、絶えず拍動および蠕動運動を繰り返す冠動脈を、15秒以下の呼吸停止で非侵襲的にCAGに匹敵する情報を収集することが可能となり、冠動脈疾患あるいはそれを疑われる患者の管理において不可欠な検査となっている。CCTA画像において、石灰化プラーク周辺には、石灰化プラークの主成分であるカルシウムのX線不透過性に起因するBlooming Artifactと称される辺縁不鮮明高輝度拡大陰影が発生し、このアーチファクトが血管内腔の評価・診断を妨げる場合が少なからず存在する。現在、CCTA

による評価・診断の可否を判定するための量としてAgatstonスコアが提唱されている。2009年に Society of Cardiovascular Computed Tomography によって策定されたGuidelines for Performance of Coronary Computed Tomographic AngiographyではAgatstonスコアが600以上の場合、2010年に出された Appropriate Use for Cardiac Computed TomographyではAgatstonスコアが400以上の場合、CCTAを用いて血管内腔狭窄の評価・診断はすべきではないとされた。これらの勧告は、Agatstonスコアは、冠動脈疾患の発生源である動脈硬化症が進展している場合および狭窄性病変が多く合併している場合に、高い値を示すという事実に基づいている。しかし、石灰化プラーク付着部位と狭窄部位は必ずしも一致せず、400以下のAgatstonスコアでも個々の石灰化プラークの体積が大きい場合や石灰化プラークが血管全周に付着する場合は、狭窄評価困難となる症例も多く存在する。

以上で述べたように、冠動脈石灰化プラーク付着症例のCCTA適応基準は、MSCTの多列化・性能向上と逆行するように年々厳しくなっている。今後も適応Agatstonスコ



(a) CAG (b) ADSI 法MIP画像 (c) ADSI 法石灰化プラーク除去後冠動脈MIP画像 (d) ADSI 法石灰化プラークMIP画像
 (e) QVR法画像 (f) QVR 法石灰化プラーク除去後冠動脈画像 (g) QVR法石灰化プラーク画像

Fig.1 CAGとADSI 法MIP画像とQVR 表示法画像

Table 1 感度・特異度・陽性的中率・陰性的中率の算出方法
検査数

	CAG で狭窄あり	CAG で狭窄なし	合計
CCTA で狭窄あり	a	b	m
CCTA で狭窄なし	c	d	n

算出方法

感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
a / n	d / c	a / m	d / n

Table 2 感度・特異度・陽性的中率・陰性的中率予測精度

	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
ADSI 法 MIP 画像と QVR 法画像を用いない場合	100	90	36	100
ADSI 法 MIP 画像と QVR 法画像を用いた場合	100	97	62	100

アの厳格化が続けば、冠動脈石灰化プラーク付着患者にとって著しい不利益を被ることになるが、明確な解決方法は見つかっていない。CCTAの優れた特徴を多くの患者に還元するためには、血管内腔の評価の妨げとなっている石灰化プラークを高い精度で除去する方法を考案し、新規な診断画像を構築することが不可欠であるが、石灰化プラークが付着したCCTAの診断方法は確立されておらず、Blooming Artifactにより血管内腔読影が困難である場合には、CAG等の追加的な検査を行い、確定診断を行っている。

【目的】

CCTAは、冠動脈狭窄病変除外診断の根拠となる陰性的中率は高いが、冠動脈狭窄病変確定診断の根拠となる陽性的中率は低い。これは、石灰化プラークのBlooming Artifactが原因となり、疑陽性症例が多く存在するためである。この問題を解決し陽性的中率を向上させるためには、高い精度で石灰化プラークを除去後、冠動脈内腔が読影可能な新規診断画像を構築し、医師に提供することが必要である。本研究の目的は、CCTA画像において、石灰化プラークが付着した冠動脈から石灰化プラークを適切に除去し、狭窄率を定量的に評価・診断可能な画像構築を行い陽性的中率を向上させることである。

【CCTA撮影法および使用機器】

CT装置は320列MSCT Aquilion ONE (東芝メディカル)を用いた。CCTA撮影プロトコルは、0.5×320列 Non Helical Volume Scan、心臓用Auto Exposure Control: 0.5mm厚Real Prep撮影時Standard Division 30、管電圧120kVp、管電流300-550mA、スキャン時間0.35sec/rot、Scan FOV(Field of View) 320mmに設定した。造影剤はイオパミドール(イオパミロン) 370mg/mlヨード濃度を用い、体重×0.07ml/sec(最大注入レート6ml/sec、最大使用量80ml)で12sec注入を、右橈骨または尺骨静脈から20G留置針で行った。R波をトリガーとした心電図同期データ収集を行い、スキャンタイミングは自動Trigger法を用い、バルサルバ洞直上にROIを設定し200HUで撮影開始したScan終了後、Retrospectiveに心電図から最適位相を決定後、HalfまたはSegmentation再構成法を行った。ノイズ低減を目的に逐次近似応用再構成法 (AIDR3D)を用い、

Blending比率は50%・MILD、Display FOVは150~200mmに設定した。Volume Dataは、スライス厚0.5mmでデータ収集後、Aliasing Artifact防止のために、再構成間隔0.25mmでスライス間補間処理を行い、画像処理WS Zio station (Zioソフトウェア) に転送した。

【石灰化プラーク除去法および立体的観察法】

石灰化プラーク除去はADSI (Automatic Detection Using Structural Information) 法を用い、冠動脈と石灰化プラークの立体的位置関係の把握にはQVR (Qualitative Volume Rendering) 表示法を用いた。ADSI法は、二段階鮮鋭化されたCT画像にラプラシアンフィルターを適用した後、zero cross pointsを検出する方法である。QVR表示法は、遺残Blooming Artifact 補正再構成後に冠動脈と石灰化プラークの境界を規定し、VR法でFusion (融合) 表示を行い立体的に観察する方法である。Fig.1 に、同一患者のCAG画像と、石灰化プラーク除去後ADSI法MIP(Maximum Intensity Projection)画像と、冠動脈と石灰化プラークの立体的位置関係の把握のためのQVR表示法を提示する。

【対象と予測精度評価法】

対象患者は、2012年11月から2013年7月まで日本海総合病院でCCTAを行った444症例のうち、後日CAGを行った石灰化プラーク付着64症例 (PCI後Follow up 1症例を含む) 対象とした。男性50症例、女性14症例、平均年齢77.2歳、Agatstonスコアは、平均784.65であった。除去石灰化プラーク数は、右冠動脈128個、左冠動脈主幹部+左前下行枝171個、左回旋枝64個、総数363個であった。予測精度の評価は、CAGを模範解答とし、ADSI 法MIP画像およびQVR法画像と比較を行い、Table1に従い、石灰化プラーク領域除去画像の予測精度を求めた。

【結果】

評価は、経験年数33年の診療放射線技師一人で行った。予測精度は、Table2に示す通りである。ADSI 法MIP画像とQVR法画像を用い石灰化プラーク除去を行うことにより、陰性的中率を低下させることなく陽性的中率は26%向上した。

