

荒井 俊也 赤川 拓也 伊勢 啓助

徳島赤十字病院 放射線科

要 旨

CT の性能は劇的な進歩を遂げており、近年登場した MDCT によって、Coronary CTA が現実的なものとなってきた。MDCT の進歩により検出器が多列化になったことによって、時間分解能が改善し、冠動脈の描出で一番大きな問題である、モーションアーチファクトを軽減することが可能となってきている。またスキャン時間も短く、患者様の息止め時間、造影剤の使用量を低減することが可能になった。息止め時間が短くなることは、スキャン中の患者の心拍数をより一定にすることにもつながり、画質も向上する。詳細なボリュームデータも得られることで、空間分解能も向上してきた。これによりパーシャルボリューム効果が小さくなり、石灰化や、ステントの識別能が向上することとなった。

当院でも、昨年5月の病院移転に伴い64列 MDCT が導入され、2007年9月現在までに、約130例の Coronary CTA を実施してきた。今回当院での現状と問題点、またその改善策を検討しまとめてみた。

キーワード：MDCT, Coronary CTA, モーションアーチファクト, 心拍数

はじめに

ヘリカルスキャンによる CT 検査において、近年 CT 装置の検出器の多列化、高速化に伴い短時間に心臓全体を撮影可能とし、又画像再構成技術の発展に伴って、特に Coronary の形態評価が可能となり Coronary CTA の有用性が認識されつつある¹⁾。当院においても昨年病院移転に伴い、64列 MDCT が導入され、これまでに100件以上の Coronary CTA 検査を実施し、評価を行ってきた。

そこで、今回当院における Coronary CTA の現状を報告する。

Coronary CTA 検査の流れ、及び注意点

- ・患者様への十分な検査の説明をし、検査台へ誘導する。
- ・心電図モニター、酸素マスクの装着、胸部の固定をし、呼吸停止の練習を行う。(この時、心拍数の変動もチェックする)
- ・心電図モニターは、必ず両腕を挙上している検査時の体位で電極をはる。
- ・アーチファクトを避けるため、電極はできる限りス

キャン範囲から離して装着する。

- ・呼吸による横隔膜付近の動きを抑えるために、肋骨下縁辺りを固定ベルトでしっかり固定し、また、胸壁も動きやすいため胸部を圧迫する。
- ・呼吸停止の練習のときには、患者様の胸部に手などを置き、胸壁の動きなどもないか確認する。

撮影条件・造影方法

当院で実施されている Coronary CTA のルーチン撮影条件を表1に示す。

表1 Coronary CTA のルーチン撮影条件

SOMATOM sensation Cardiac 64	
コリメーション (mm)	32×0.6
管電圧 (kV)	120
管電流 (Eff.mAs)	880
Rotation time (s/rot)	0.33
ピッチ	0.2
再構成関数	B25f medium smooth

造影方法は、右腕からデュアルインジェクターを使用し、370mgI/mL+生理食塩水30mLを4 mL/secで注入する。撮影タイミングはボーラストラッキング法を用いて、上行大動脈のCT値が180HUを越えた時点で撮影を開始する。造影剤使用量は、4 mL×(撮影時間+X)で算出される。X=心拍数80/min以下で4、80/min以上で5となる。

* ボーラストラッキング法：造影剤注入後特定断面を低線量で繰り返し撮像し、あらかじめ設定した関心領域（ROI）内の造影剤濃度が設定濃度を超えた際に本撮像を開始する方法。

画像再構成方法

心臓の動きが一番少ない拡張期に再構成フェーズを合わせる。その方法には相対値法と絶対値法の2通りがある。相対値法とは、R-R間隔を100%とし、再構成を行うスタートフェーズをある一定の値「%」で設定する方法で、絶対値法とは再構成を行うスタートフェーズをR波からのDelay、もしくはReverse（それぞれ絶対値）で設定する。

Reverse：拡張期

Delay：収縮期

相対値法「%」を用いた場合、被検者の心拍が不安定な場合にきちんと拡張期（もしくは収縮期）を捉えられなくなる。これに対し絶対値法「msec」を用いた場合は、心拍が不安定な状態でも拡張期（もしくは収縮期）を捉えることができる。このため再構成の際の時相検索に当院は絶対値法を用いている。そこで同一断面において時相を変化させて冠動脈の動きの少ない心時相をみつけている。また冠動脈の動きが小さい時相を探すのにRCA#2-3辺りの断面が確認しやすいため簡易的にこの断面を用いるが、被検者の状態によっては、LAD、LCX、RCAの3本の冠動脈が同時に止まらない場合もあり、ターゲットの冠動脈ごとに最適な時相を見つけている。一般的に絶対値法での再構成フェーズはHR<70ではP波(拡張期)に、HR>75では、T波(収縮期)にあたるフェーズを多く用いている。70<HR<75ではP波、T波とも再構成を行っている。

P波(拡張期)のフェーズはR波から-300~-400 msec程度で、T波(収縮期)のフェーズは、R波から300~400msec程度になっている。

画像表示方法

上記の画像再構成方法によって得られた画像より、当院では主に以下に示す3種類の画像処理を用いて画像を提供している。

・ボリュームレンダリング（VR）

VRとは、心臓全体をさまざまな方向から観察し、被検者ごとに異なる冠動脈の解剖を立体的に把握するのに適した表示法である。石灰化や狭窄部位がある程度描出されるだけでなく、側副血行路などがみられる場合もあり、得られる情報は以外に多い。ただしVRはopacity（不透明度）という概念をもとに画像の可視化が行われるため、その設定で形状が変化することに注意しなければいけない。またVR作成過程で、左心耳や肺動静脈などをカットすることがよくあるが、必要以上にカットしないように注意しなければいけない。

・Curved Planar Reconstruction（CPR）

1本1本の蛇行した冠動脈を1枚の画像で描出し、目的とする冠動脈を連続的に血管壁の情報を含めた状態で評価するのに適した表示法である。CPRは原理的にボクセルの厚みで表示され冠動脈を詳細に観察することが可能であるが、1枚のCPRは冠動脈の1断面を表示しているにすぎないので、複数方向からの観察も必要である。

・Maximum Intensity Projection（MIP）

冠動脈造影像に類似した画像を得るのに適した表示法である。この表示法は、ある方向からの投影で最大のCT値をもつボクセル値のみを反映させたものであるため、投影方向の最大値以外の情報は反映されない²⁾ので注意しなければならない。

臨床画像

現在までに当院で施行したCoronary CTA画像の一部を図1に示す。スキャン中に心電図、心拍数の変動が少なく、呼吸停止がきちんとできていれば、図に示すように三枝ともにカテーテルを用いた血管造影像に近い画像が得られていると思われる。

図2に示す画像はLAD#7のステント遠位部の狭窄がCoronary CTAで見つかり、血管造影と比べても、近い画像が得られた1例である。

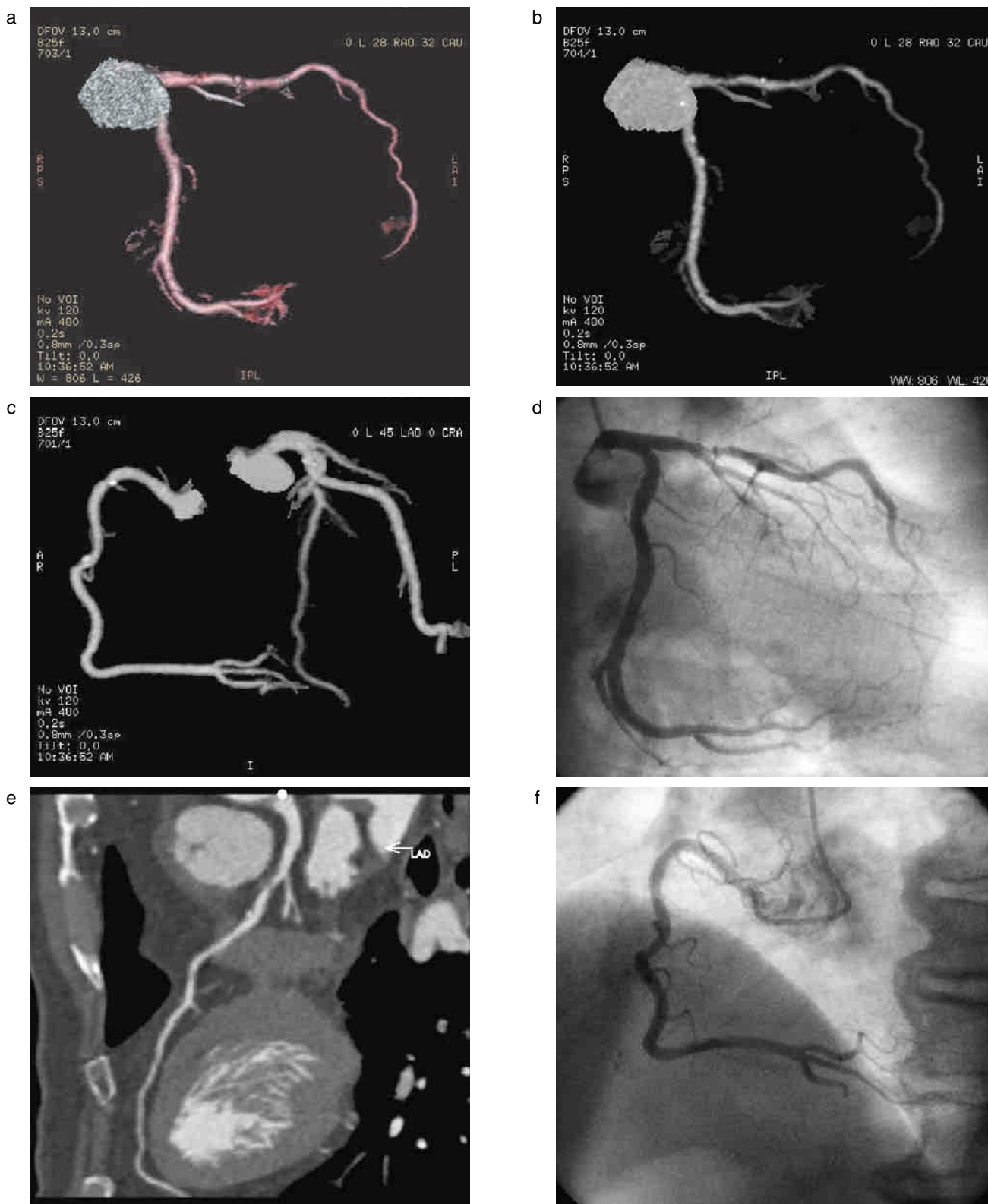


図1 心電図, 心拍数, 呼吸停止共に良好だった1例

- a. VR 画像
- b.c. MIP 画像
- d.f. カテ画像
- e. CPR 画像

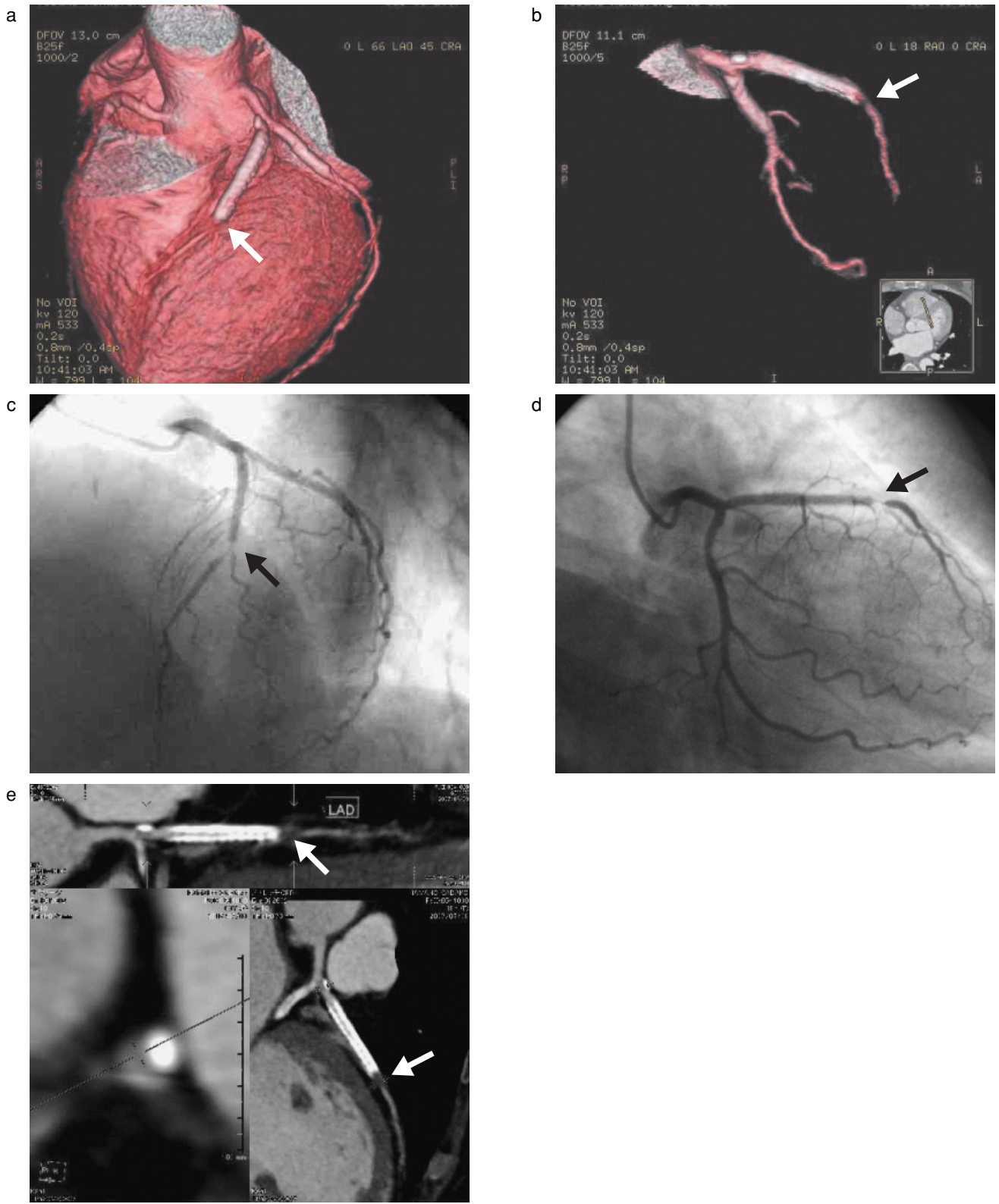


図2 Coronary CTA画像でステント遠位部の狭窄を描出できた1例
 a.b. VR法で表示したLADステント遠位部に見つかった狭窄
 c.d. カテーテルによる血管造影で示された狭窄
 e. CPRで表示したLADステント遠位部の狭窄

図3に示す画像は、不完全な呼吸停止による、モーションアーチファクトの画像を示す。呼吸停止が不完全になると、冠動脈の連続性がなくなり図に示すような血管が繋がらない画像になる。

図4に示す画像はスキャン中に、心電図、心拍数が変動し、(心拍数:Max166, Min55, Avg108)三枝とともにP波T波において適切な時相を特定できず図に示すようなアーチファクトの多い画像になる。この

ように心拍数が多い場合や心拍数が大きく変動すると、画像のアーチファクトが多くなり、解像度が低下する。アーチファクトの少ない良好な静止画像を得るためには、心拍数を減らし除脈にすることと心拍数の変動を減らす事が重要になる。現在一般的には心拍数が70/min以下であれば安定した画像を描出する事ができるが、心拍数がこれより早い場合は β 遮断薬により除脈にする事が望ましいとされている³⁾。

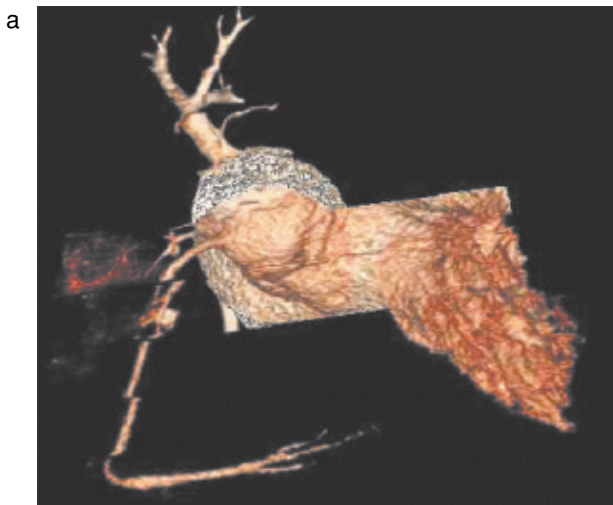


図3 呼吸停止が不良でモーションアーチファクトがでた1例
a.b. 呼吸停止が不良で連続性のないVR画像とCPR画像

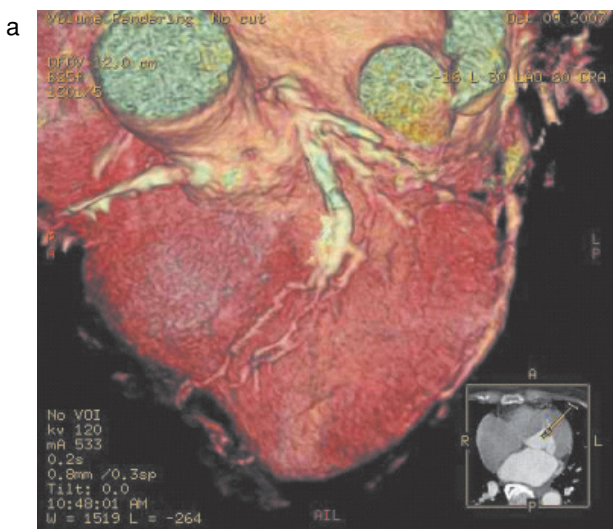


図4 心電図、心拍数の変動でアーチファクトが出た1例
a. スキャン中の不整脈でアーチファクトの多いVR画像
b. aの撮影をしたときの心電図波形

結 語

今後当院において Coronary CTA の検査を実施していくにおいて良好な静止画像を得るためには、アーチファクトを出来るだけ軽減していく必要がある。そのためには、被検者の息止めと、心拍数のコントロールが最重要になってくる。不完全な呼吸停止を軽減するには、患者様の検査内容への理解と、息止めの練習も十分に行わなければならない。

次に心拍数のコントロールにおいては、 β 遮断薬を用いた前処置が非常に重要になってくる。しかし、 β 遮断薬が禁忌の症例や投与しても徐脈になりにくい症例もあるために、医師の判断で前投薬を処方してもらう必要がある。

また末梢冠動脈病変をより評価しやすくするためには、検査直前に硝酸薬を用いて、冠動脈を拡張する必要があるが、その場合軽度の血圧低下や頭痛等も伴う可能性があるため、この時も医師に処方してもらう必要がある³⁾。しかし今後使用できる症例には、 β 遮断薬や硝酸薬を使用していくことが望ましい。

終わりに

今なお CT は発展途上であるが、MDCT の進歩と共にさまざまな臨床応用の可能性が広がっている⁴⁾。ただし被曝の問題や造影剤使用に伴う副作用などいろいろ問題が残されているが、今後鮮明な Coronary CTA 像を提供出来れば、スクリーニングの血管造影検査や、ステント留置後の定期検査などに対して代用でき患者様の負担の軽減が可能となると考えられる。その為には、可能なかぎりアーチファクトを減らし、臨床医の信頼を得られる画像を提供していきたい。

文 献

- 1) 吉岡邦宏：64列マルチスライス CT による心臓のイメージング—心臓の CT は64列が基準となる—。映像情報 Medical 37(7)：84-88, 2005
- 2) 栗林幸夫, 佐久間肇：心臓血管疾患の MDCT と MRI, 医学書院, 東京, 2005
- 3) 福田国彦, 谷口郁夫：心臓 CT の実際, エムシー・アンド・ピー, 大阪, 2006
- 4) U. S, Schoepf UJ, Zwerner PL, Savino G et al: Coronary CT Angiography. Radiology 244: 48-63, 2007

Current Status of Coronary CTA with 64-Slice MDCT at Our Hospital

Toshiya ARAI, Takuya AKAGAWA, Keisuke ISE

Division of Radiology, Tokushima Red Cross Hospital

The performance of CT has been advanced remarkably. Multi-detector CT (MDCT), introduced recently, has made Coronary CTA realistic. Advances in MDCT have allowed more detectors to be used for CT, thereby improving the temporal resolution and reducing the motion artifacts (the greatest problem for coronary artery imaging). Furthermore, the scan time, the duration of breath holding and the dose level of X-ray contrast media have been reduced. Reducing the breath-holding time allows more stable heart rate during scanning, leading to improved image quality. Furthermore, availability of detailed volume data improves spatial resolution of the images obtained. In this way, the partial volume effect has been reduced, improving the capability to detect calcified lesions and stents.

In last May, when our hospital moved to a new building, a 64-slice MDCT was introduced to our hospital. As of September 2007, Coronary CTA has been performed on about 130 cases. We review the current status and problems related to Coronary CTA with a 64-slice MDCT at our hospital and propose measures for improvement.

Key words: MDCT, Coronary CTA, the motion artifacts, heart rate

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 13:142–148, 2008
