

原著

CT 検査におけるメタルアーチファクト低減処理の有用性

白石卓也 高橋健次郎 山本晃司 濱田凌 中谷貴美子 伊藤悟志

要旨：CT 検査においてメタルアーチファクトは画像診断に影響を与える。臨床的有用な画像提供を行うためにメタルアーチファクト低減 (Metal artifact reduction : MAR) アプリケーションの特性を検証する。水ファントム 1, 水 + 人工股関節全置換術の THA インプラントファントム 2 を用いて CT 撮影条件を変化させ撮影を行い、ノイズ標準偏差 (Noise standard deviation : Noise SD) を計測した。Noise SD から Artifact Index (AI) を算出し定量評価を行った。管電圧を上昇させることで AI は低減となった。ヘリカルピッチを大きくすることで AI は緩やかな増加傾向を示した。MAR アプリケーションを使用することで、AI は使用前より低減した。高電圧撮影や低ヘリカルピッチ撮影の使用は AI 低減効果を認めるが放射線被ばくの増大に繋がる。しかし MAR アプリケーションは放射線被ばくの増大がなく、AI 低減効果も大きいため有用であると考えられた。

キーワード：CT, 管電圧, ヘリカルピッチ, メタルアーチファクト, MAR

1. 背景

CT 検査において、より良い画像を撮影するために、目的や部位によって管電圧やヘリカルピッチなどの撮影条件を変更している。管電圧を高く設定すると X 線強度が増加し、画像ノイズが少ない CT 画像を撮影することができる。ヘリカルピッチは 1 回転あたりの寝台移動距離をビーム幅で除したもので値が小さい場合、寝台移動速度は遅くなり、スキャン時間が延長して、被ばくが多くなる。ヘリカルピッチの値が大きい場合、寝台移動速度は速くなり、スキャン時間が短縮して、被ばく低減が可能となる反面、補間誤差にともなうヘリカルアーチファクトが増加する¹⁾。

CT の画像再構成画像には、本来被写体に存在しない陰影が様々な要因により生じることがある。この陰影をアーチファクトと呼ぶ。アーチファクトには、被写体によって誘発されるもの、システムデザインによるもの、装置の不良によるものがある。中でもメタルアーチファクトは金属などの高吸収物体により、X 線透過強度が極小となり正常な画像再構成ができない場合に生じる。ストリーク状などの深刻なアーチファクトが生じ、特に金属周辺の構造の

描出を阻害する¹⁾。金属インプラントによるアーチファクトの発生は、CT 画像診断の精度における大きな問題となり改善に取り組むべき課題である。

2. 目的

臨床的有用な画像提供を行うために、管電圧、ヘリカルピッチがメタルアーチファクトに与える影響と、当院 CT 装置に搭載されているメタルアーチファクト低減 (Metal artifact reduction : MAR) アプリケーションの有用性を検証する。

3. 使用機器

ポリエチレン容器に水を満たしたファントム 1 を作成した (図 1)。ファントム 1 に人工関節全置換術 (THA) インプラントを配置したファントム 2 を作成した (図 2)。CT 装置は GE 社製 Revolution EVO ES CT 64 列 (GE 社製) を使用し撮影を行った。MAR アプリケーションは同 CT 装置に搭載されているものを使用した。ノイズ標準偏差 (Noise standard deviation : Noise SD) を計測するために、IMAGE J Ver.1.0 を使用した。



図1 ファントム1



図2 ファントム2

4. 撮影条件の決定

撮影に使用する管電流を決定するために、各管電圧で管電流を 50mA から 700mA まで 50mA 毎に変化させファントム 1 を撮影した。管電圧は 80kV, 100kV, 120kV, 140kV を使用し、X 線管球の回転速度・ヘリカルピッチはそれぞれ 0.5sec・0.9 を使用した。

撮影したファントム画像の中心に ROI 設定し SD 計測を行い、Noise SD 曲線（図3）の作成をした。各管電圧において Noise SD が 25 に該当する管電流を使用することとし、それぞれの撮影条件を決定した。

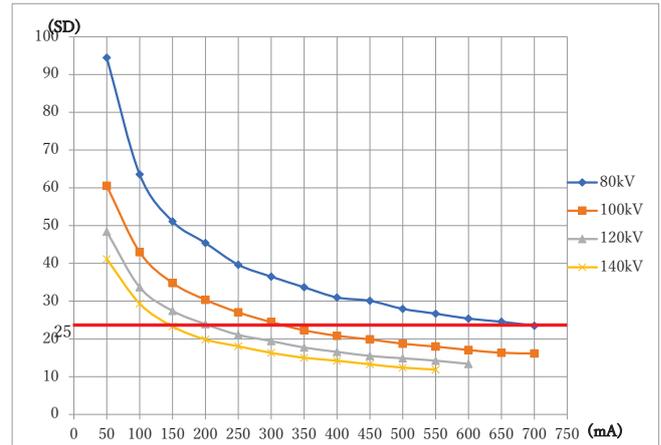


図3 Noise SD 曲線

5. 方法

方法①

管電圧がメタルアーチファクトに与える影響について検証するため、決定した撮影条件を用いてファントム 2 の撮影を行い、画像データを収集する。つぎに前述の画像データに MAR アプリケーションによる画像再構成を加えた画像データ（MAR 画像データ）を作成する。

方法②

ヘリカルピッチがメタルアーチファクトに与える影響について検証するため、各管電圧で決定した撮影条件を用いてヘリカルピッチを段階的に変化させ、画像データを収集する。つぎに前述の画像データに MAR アプリケーションによる画像再構成を加えた画像データ（MAR 画像データ）を作成する。

6. 評価方法

方法①, ②より取得した画像データに、ROI を 4 点設定し（図4）、画像処理ソフトを用いて SD を計測した。計測した SD から次式を用いて AI を算出した。

$$\text{Artifact Index (AI)} = \sqrt{SD_a^2 - SD_b^2}$$

SD_a ・・・水 + 金属の Noise SD

SD_b ・・・水のみ Noise SD

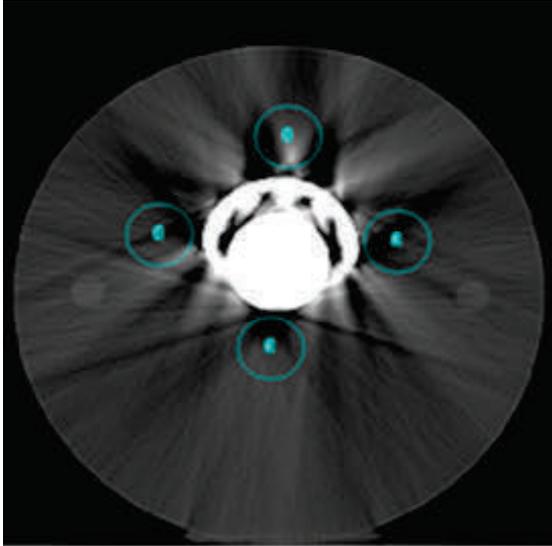


図4 ROI設定

7. 結果

結果①

管電圧を80kVから140kVに上昇させることで、AIは40%程度の低減となった。さらにMARアプリケーションを使用することで各管電圧においてAIは使用前より約80%の低減となった。(図5)

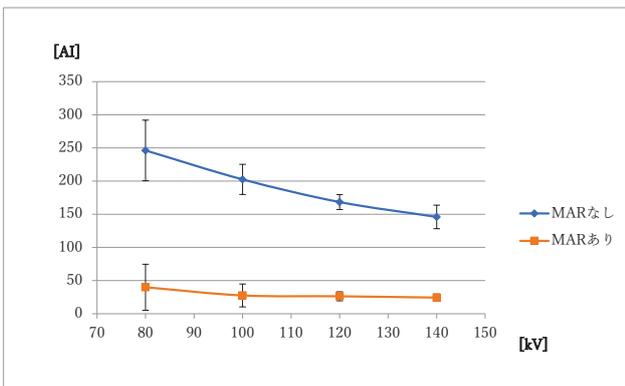


図5 各管電圧における比較

結果②

ヘリカルピッチを0.5から1.5に変動させることで、AIの変動に幅はあるが、ゆるやかな増加傾向を示した。さらにMARアプリケーションを使用することで各ヘリカルピッチにおいてAIは約80%の低減となった。(図6~9)

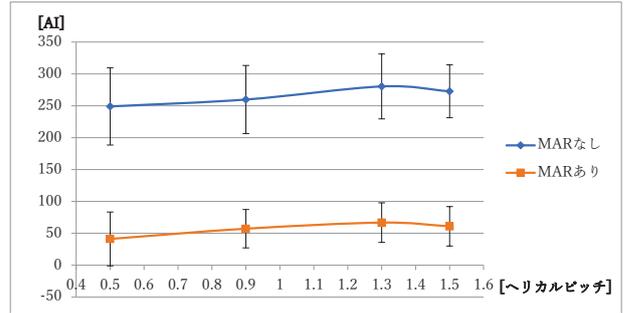


図6 80kV ヘリカルピッチ変化

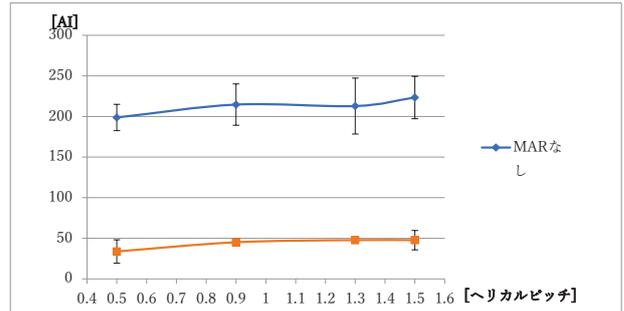


図7 100kV ヘリカルピッチ変化

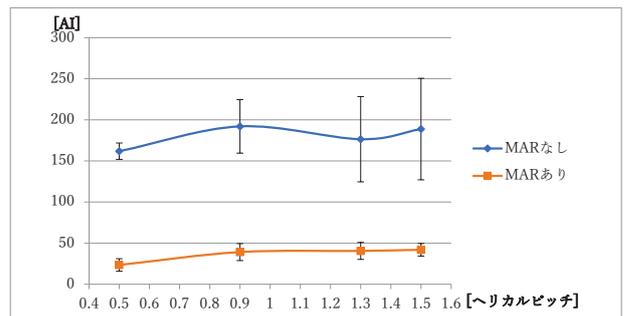


図8 120kV ヘリカルピッチ変化

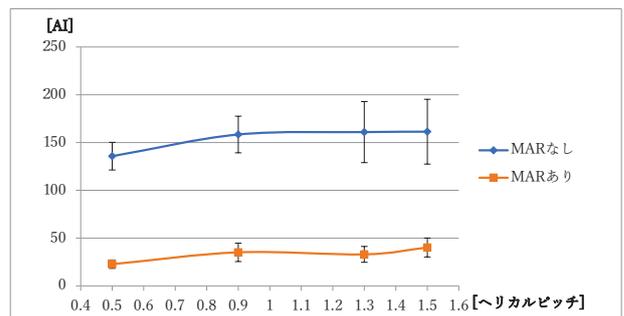


図9 140kV ヘリカルピッチ変化

8. 考察

アーチファクトの影響は、高管電圧にすることで線減弱係数(μ)の差がなくなり、組織の吸収差によるストリークアーチファクトが低減される²⁾。今回の結果①からも同様に管電圧を上昇させることに

より AI の低減が確認できた。さらに MAR アプリケーションを使用することで大幅な AI の低減が可能であった。しかし管電圧の増減は、画像の信号—ノイズ比 (S/N) に影響する。管電圧を高くすると X 線強度の増加によって画像ノイズは低減し、画質は向上するが、CTDI W (線量指標) が増加するため注意が必要である²⁾。このことから、高管電圧を使用したメタルアーチファクト低減は、被ばく増加が課題である。高管電圧を使用したメタルアーチファクト低減を実施するより、低管電圧撮影に MAR アプリケーションの使用をおこなう方が AI は低値を示している。以上のことから、MAR アプリケーションは高管電圧撮影より優れたアーチファクト低減効果が認められた。

ヘリカルピッチの値が大きければスキャンは短時間で終了することができる。その反面、ヘリカルアーチファクトが増加すると報告されている³⁾。アーチファクトの影響を考慮すると低ヘリカルピッチ撮影が望ましいがスキャン時間は長くなる。一般的にヘリカルピッチは値が小さいほど、空間分解能が高くなり、アーチファクトの少ない画像となる²⁾。今回の結果②からもヘリカルピッチの値が大きいほど AI の増加が確認され、上述が関係していると考えられる。しかし低ヘリカルピッチの 0.5 を使用したメタルアーチファクト低減を実施するより、高ヘリカルピッチの 1.5 を使用し MAR アプリケーションの使用をおこなう方が AI は低値を示している。

以上のことから、MAR アプリケーションは低ヘリカルピッチ撮影より優れたアーチファクト低減効果が認められた。

しかし、MAR アプリケーションの有用性については、コイル塊の部位や大きさによってはアーチファクト低減効果が一定ではないことが報告されている⁴⁾。メタルアーチファクト低減において、汎用性やポストプロセスの点から考えればアプリケーションを用いた方が臨床的有用性は高いと考えられる。しかし、アプリケーションは万能ではなく、効果がない場合や別のアーチファクト発生が生じる場合などいくつかの問題点もある⁵⁾。これらのことから、MAR アプリケーションは有用であるが特性を理解し使用することが重要であると考えられる。今後、撮影部位や金属材質・配置を考慮し、状況に合わせた撮影条件を使用する事することで、更なるアーチファクト低減に繋がり、臨床的に有用な画像提供が

可能になると考える。

9. 結語

MAR アプリケーションはメタルアーチファクト低減に対し効果は大きく臨床的に有用な画像提供に繋がると考えられた。さらに放射線被ばくの増加なく低侵襲な検査を行う事が可能である。しかし新たなアーチファクトの発生を伴う場合もあるため、元画像と MAR アプリケーション画像の両者を提供することが望ましい。

参考文献

- 1) 特定非営利活動法人 日本 X 線 CT 専門技師認定機構：X 線 CT 認定技師講習会テキスト
- 2) 木暮陽介ら：これだけは習得しよう CT 検査 株式会社 PILAR PRESS 第 1 版 2015
- 3) 辻岡勝美：ヘリカルスキャンの開発 日本放射線技術学会雑誌 第 58 巻 第 4 号 462-466
- 4) 篠原祐樹ら：米子医誌 J Yonago Med Ass 25-32 2018
- 5) 関根貢：臨床におけるメタルアーチファクトリダクション 埼玉放射線・Vol.66 No.3 2018 330-334