

「金属アーチファクトの発生原理とその低減技術: 関連文献レビュー」

座長集約

山形大学医学部附属病院 保吉 和貴

【はじめに】

今年度の学術大会におけるCT研究班企画は、金属アーチファクト低減技術を取り上げた。金属インプラントを使用した手術件数は増加しており、今後、体内金属を有する患者を対象にした検査は増加していくと予想される。金属アーチファクト低減技術については、臨床的有用性を示す報告が多数なされている一方で、ピットフォールの存在についての報告も存在する。金属アーチファクト低減技術の臨床適用については、その原理と特徴のほか、ピットフォールの存在を十分に認識して運用する必要がある。本項ではセミナーの内容を抜粋し金属アーチファクトの発生原理と低減手法について概説する。

【金属アーチファクトの発生原理と低減手法】

X線が金属物体を通過する際には、その大きさや組成に応じた相互作用が起こり、著しい光子不足(光子飢餓)と線質硬化現象が発生する。その影響は投影データ上に大きな誤差を生じさせ、再構成画像上に強大なアーチファクトが発生する。金属アーチファクトによって観察することができなかった周囲構造を回復するために、現行のCT装置には金属アーチファクトを低減する技術が導入されている。代表的な手法は、Dual energy CT (DECT)とMetal artifact reduction (MAR)アルゴリズムである。

DECTは、仮想単色X線画像の高keV画像を使用することで線質硬化現象を抑制し金属アーチファクトを低減する。DECTを金属アーチファクト低減手法として用いた場合は、高keV画像を使用することによる造影剤コントラストの低下、光子飢餓によるアーチファクトに対する補正不足が課題となる。MARアルゴリズムは、金属によって生じた投影データ上の誤差を補正することで金属アーチファクトを低減する。補正プロセスは、金属によって誤差を生じた投影データ領域を特定し、領域内の投影データを置き換えることによって行われる(Sinogram painting)。MARアルゴリズムはアーチファクトの発生要因によらずに投影データの補正を行うため、光子飢餓が深刻な状態でのアーチファクト低減においてDECTよりも効果的である¹⁾。しかし、投影データの補正精度によっては新たなアーチファクトを産生することや、偽像が発生する等の副作用が生じることが報告されている。

【MARアルゴリズム使用時におけるピットフォールの例】

MARアルゴリズムによる副作用と、パラメータ選択によって副作用を緩和した例をShinoharaらの報告²⁾を引用して以下に示す。

脳動脈瘤クリッピング術後患者の頭部CTにおいては、クリップ自体とともに穿頭部位固定用のバーホールカバーからの金属アーチファクトが問題になる。Siemens社製CT装置のMAR処理では、インプラント種類に対応して複数の設定パラメータが用意されている。動脈瘤コイルのプリセットを使用した場合、チタン製クリップのアーチファクトは低減可能だがバーホールカバー近傍の視認性を悪化させる場合がある。この際、肩インプラントのプリセットを使用することで両者のアーチファクトの低減が可能となることが示された。クリップからのアーチファクト低減と開頭部位を固定する金属によって最適な処理が異なっている点は興味深い。またMARのパラメータが複数用意されているSiemens装置ならではの報告であることも付記する。詳細については該当の論文を参照されたい。

【まとめ】

臨床的な有用性に注目が集まるMARであるが、副作用が発生した場合には臨床的価値を低下させてしまう可能性も含んでいることを認識しなければならない。撮影者は金属アーチファクト低減技術の特徴を理解し、臨床の状況に応じた方法を選択する必要がある。

【参考文献】

- 1) Katsura M, et al. Current and Novel Techniques for Metal Artifact Reduction at CT: Practical Guide for Radiologists. RadioGraphics 2018; 38(2): 450-461. 2.
- 2) Shinohara Y, et al. Appropriate iMAR presets for metal artifact reduction from surgical clips and titanium burr hole covers on postoperative non-contrast brain CT. Eur J Radiol 2021; 141: 109811.