

骨盤領域における金属アーチファクト低減処理が 線量計算に及ぼす影響の検討

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○三瓶 司(Sampeï Tsukasa)
長澤 陽介 岡 善隆 高野 基信

【背景・目的】

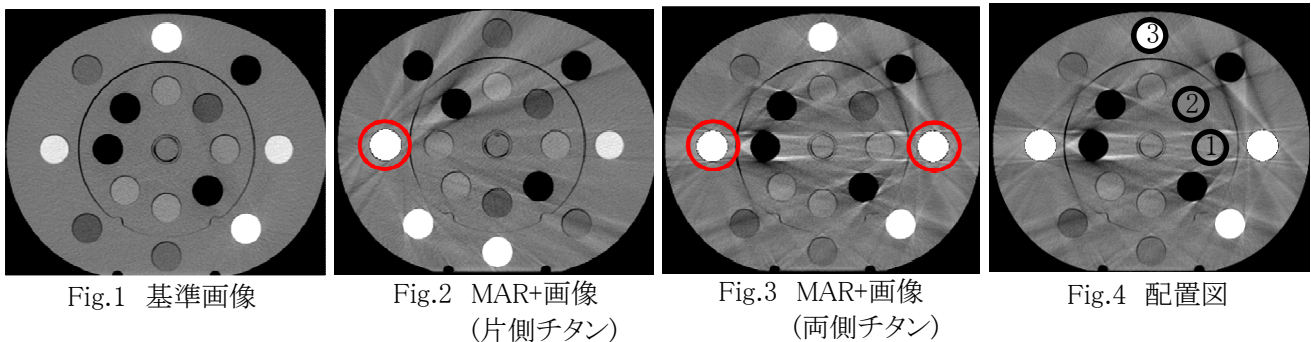
人工股関節などの体内金属がある患者のCT画像を用いた治療計画では、金属アーチファクトにより正確な線量計算が困難な場合がある。近年では、金属アーチファクト低減処理 (Metal Artifact Reduction: MAR) が搭載されたCTの普及により、治療計画にも臨床利用され、その有用性についての報告も見受けられる^{1)~3)}。しかしながら、MARを使用することで金属アーチファクトの低減が見込めるが完全には除去しきれない。そこで本研究では、昨年、当院に導入された放射線治療計画用CTにおいて、MARを適用したCT画像が線量計算に及ぼす影響を検討した。

【方法】

1. CT値の挙動

CT装置Optima CT580 W(GE Healthcare社)を用いて、Electron Density Phantom Model062(CIRS社)を撮影し、基準画像を得た(Fig.1)。また、片側、両側の人工股関節を想定したチタン合金(Φ30 mm × 50 mm)を挿入し、撮影した画像に対してMARによる再構成を行い、MAR+画像を得た(Fig.2, 3)。なお、チタン合金の挿入位置をFig.2およびFig.3に示す。各画像で3種類の組織等価物質(筋肉/脂肪/骨)におけるCT値を測定し、比較した。撮影条件は、管電圧:120 kV, 管電流:644 mA, 再構成スライス厚:2.5 mm, 列数:16 × 0.625 mmとした。

なお、組織等価物質とチタン合金の位置関係によって、金属アーチファクトによる影響が異なる可能性があるため、組織等価物質を①股関節近傍部、②中間部、③辺縁部にそれぞれ配置を変えて撮影した(Fig.4)。



2. 線量計算結果に与える影響

臨床を想定した評価を行うために骨盤ファントム(京都科学社)を撮影し、得られたCT画像に対して治療計画装置Eclipse Ver13.6(Varian Medical Systems社)上で仮想的に筋肉、および脂肪の構造物を追加し、組織体積の異なる4パターンファントムを作成した(Fig.5)。各ファントムに対して全骨盤照射の治療計画を立案した。なお、10MV-X線を用いたBOX4門照射でアイソセンターに対して2Gy処方とした。線量計算アルゴリズムにはAAAを用いた。各構造物のCT値に方法1から得られた値を割り当てた(Table 1)。基準CT値で線量計算させた結果と、方法1の結果から得られた最大CT値、最小CT値を抽出し、その値からそれぞれ4パターンのファントムにおいてアイソセンターでの線量を計算し比較した。

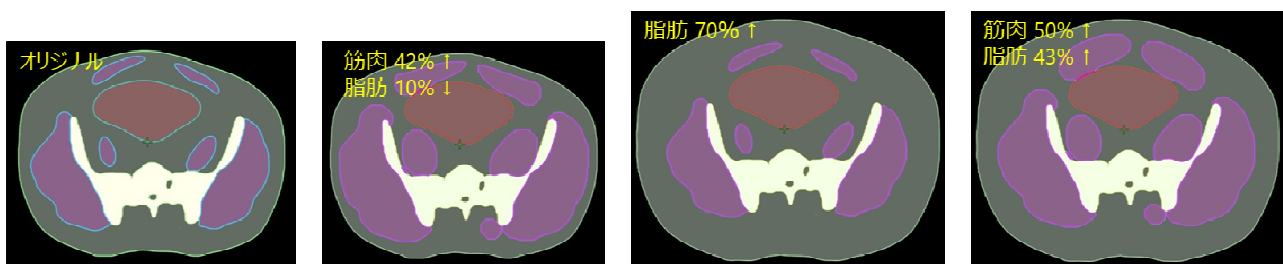


Fig.5 線量計算に用いた4パターンファントムのCT画像

Table 1 CT値の挙動(片側チタン)

物質	基準	近傍部	中間部	辺縁部
筋肉	42.1	41.8	42.5	35.7
脂肪	-63.9	-54.4	-61.6	-58.3
骨	916.3	890.4	872.1	904.7

[HU]

Table 2 CT値の挙動(両側チタン)

物質	基準	近傍部	中間部	辺縁部
筋肉	42.1	54.9	27.6	23.9
脂肪	-63.9	-66.8	-62.5	-75.2
骨	916.3	804.4	860.1	896.4

[HU]

Table 3 CT値の変化に対するアイソセンター線量の相違

	オリジナル	筋肉42%↑ 脂肪10%↓	脂肪70%↑	筋肉50%↑ 脂肪43%↓
最大CT値	0.1	0.0	-0.1	0.1
最小CT値	0.2	0.0	0.6	0.3

[%]

【結果】

1. CT値の挙動

片側、両側チタンのCT値の挙動を以下に示す(Table 1, Table 2). 基準CT値と比較して、相違は片側チタンでは-15.1%~-4.8%となり、両側チタンでは-43.3%~-12.2%となった。また、近傍部、中間部、辺縁部においてチタンとの位置関係によってもCT値の変化がみられた。

2. 線量計算結果に与える影響

最大CT値、最小CT値を割り当て線量計算させると基準との相違が-0.1%~0.6%となった(Table 3).

【考察】

MAR処理を行っても除去しきれないアーチファクトによりCT値の相違がみられた要因としては、サイノグラム上で金属領域と正常組織とを区別する際に、どこまで金属とみなすかによって画像を再構成した時との乖離によって生じているものと推定する。

また、線量計算結果に与える影響に関しては、結果1で用いたCT値の相違ほど線量計算結果に影響がなかったのは、CT値から電子密度へ変換させ線量計算する際に、CT値の変化ほど電子密度の変化が小さいことが推察される。臨床においては、MARによるCT値の変化は局所的であるが、本検討では構造物全体にCT値を割り当てており、過大評価となっているが、その結果でも相違が最大で0.6%となり、臨床では、線量計算に及ぼす影響は僅かと考えられる。

【結語】

骨盤領域においてMAR処理を適応したCT画像が線量計算に及ぼす影響は僅かであった。

【参考文献・図書】

- 1) Hua Li, Camille Noel, Haijian Chen, et al. : Clinical evaluation of a commercial orthopedic metal artifact reduction tool for CT simulations in radiation therapy. Medical Physics 2012; 39(12): 7507-7517
- 2) D. Giantsoudi, B. De Man, J. Verburg, et al.: Metal artifacts in computed tomography for radiation therapy planning: dosimetric effects and impact of metal artifact reduction. Medical Physics 2017; 62: 49-80
- 3) 加納徹 他: X線CT画像における逐次近似法を用いたメタルアーチファクト低減. 計測自動制御学会論文集 2015; 51(12) 836-844