

原 著

AiCE を用いた CT 装置の造影能、及び低管電圧撮影の検討

長岡中央総合病院、放射線科；診療放射線技師

こまがた
駒形さくら

目的：以前所属していた糸魚川総合病院にて Computed Tomography (CT) 装置の更新をした際に撮影に影響する変更点がいくつかあった。大きな変更点として主な再構成方法がフィルタ補正逆投影法 (Filtered Back Projection: FBP) から deep learning を用いた Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE) になったことと、装置の仕様で実効管電圧が上昇したことが挙げられた。この実効管電圧の上昇による影響からか造影検査時に造影能が低下しているような変化が見られたため、適切な造影剤量を再検討し実際に造影能がどう変化しているのか検証した。また、腎機能の悪い方への造影剤量低減に取り組む為に低管電圧撮影による造影能の担保について検討することにした。

方法：造影剤量 (ヨード量) の検討として①装置入替え前、②入替え後かつヨード量変更前、③ CT 撮影ガイドラインである X 線 CT 撮影における標準化 (GALACTIC) に沿ったヨード量変更後、の3つの時期において造影前後の CT 値差を計測した。低管電圧撮影の検討として、異なる濃度の造影剤に対して①管電圧、②ヘリカルピッチ、③管電流を変更して撮影し、CT 値を計測した。また低管電圧を用いた際の線量不足の懸念を検討するために、撮影条件ごとに画像の標準偏差 (以下 SD とする) も計測した。

成績：ヨード量を変更することで通常の造影検査では装置入替え前と同等の CT 値差 (造影能) まで改善することができ、Dynamic 検査でも十分な造影能まで改善した。また、低管電圧撮影ではヘリカルピッチによらず、80 kVp では67%、100 kVp では83%の造影剤量で通常時の 120 kVp と同等の造影効果があり造影剤量低減が可能だと確認できた。SD については FBP では管電流を下げるほど指数関数的に SD が増加したのに対し AiCE では変化しないように見えたが、大きく管電流を下げた際に画質の劣化が見られた。

結論：腹部の造影において、造影剤量を引き上げたことで装置入替え前と同等の造影能まで向上した。そのため、検査において十分な造影能があると判断した。低管電圧撮影については、造影能の担保についての測定結果と、80 kVp では線量不足に陥りやすく画質の劣化が懸念されることから、腎機能の悪い方への造影剤量低減撮影では 100 kVp で造影剤量を20%減量する条件が適切だと考えた。

キーワード：Computed Tomography (CT)、フィルタ補

正逆投影法 (Filtered Back Projection: FBP)、deep learning、Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE)

緒 言

FBP とは従来主流であった再構成方法であり、画像のノイズやアーチファクトが発生しやすく、また画像のノイズと空間分解能は同時に改善することが困難だった。最新の再構成技術である AiCE とは deep learning つまり人工知能を用いて設計した、Canon 社の新しい画像再構成技術である。その特徴として空間分解能を維持したままノイズの選択的な除去が可能である。それは低コントラスト領域でも同様のため、低線量領域でも安定した画質向上が実現できるといわれている(1)。

今回は装置の入替えによって造影能がどう変化しているのか検証した。また低管電圧撮影による造影能の担保について検討した。

方 法

- 1) 使用機器
80列 CT 装置：Aquilion PRIME SP/Canon
CTDI 測定用アクリルファントム、オムニパーク 300注シリンジ 100 ml を 120 kVp 撮影時の 40 HU、75 HU、120 HU 相当に希釈した液体、水、採血スピッツ
- 2) 撮影条件、評価方法
・ヨード量の検討
装置入替え前の体重あたりのヨード量は腹部の通常の造影検査で 450 mgI/kg、肝 Dynamic 検査で 550 mgI/kg であった。GALACTIC に沿って通常の造影検査は 450 mgI/kg から 520 mgI/kg に、肝 Dynamic 検査では 600 mgI/kg に変更した(2)。
装置入替え前、入替え後かつヨード量変更前、ヨード量変更後、の3つの時期において通常の造影検査と Dynamic 造影検査の造影前後の CT 値差を計測した。体重が 55 kg 以下の患者からランダムに10名ずつ選出し、1 mm 厚の肝実質画像に 4 cm²の円形 ROI を置き連続する10スライスの平均をもって計測値とし、グラフ化した。また Dynamic 検査では単純と門脈相の CT 値差を算出している。
・低管電圧撮影についての検討
i) 造影能の担保について
コントロールである水と造影剤を希釈し3つの異

なる濃度（120 kVp 撮影時の 40 HU、75 HU、120 HU 相当）を作り採血スピッツに入れ、アクリルファントム内に差し込んだ。異なる管電圧（80 kVp、100 kVp、120 kVp）異なるヘリカルピッチで撮影、計測した。ヘリカルピッチは普段検査で使用している標準撮影用の 0.813 回転時間 0.5 s と、高速撮影用の 0.938 回転時間 0.35 s で撮影した。CT 値、120 kVp と比較したときの相対値、120 kVp と同等の造影能を得るために必要な造影剤の割合の 3 点を算出した。

ii) 線量不足の再現

体型による線量不足を懸念した故の測定だが、体型別にファントムの大きさを変えて測定することは叶わなかったため、管電流を 100 mA ～ 600 mA まで 100 刻みで変化させることで疑似的に線量不足を再現した。スライス厚は 2 mm と 5 mm で再構成した。

結 果

・ヨード量の検討

通常の造影検査では装置入替え後に低下していた造影能を、ヨード量を変更することで装置入替え前と同等の造影能まで改善することができ、Dynamic 検査でも十分な造影能があることが確認できた（図 1）。

・低管電圧撮影についての検討

i) 標準、高速によらず、80 kVp では 67%、100 kVp では 83% の造影剤量で 120 kVp と同等の造影効果があることが算出できた（表 1）。

ii) SD に関して、FBP では管電流を低下させるほど指数関数的に増加したのに対し、AiCE では管電流に左右されなかった（図 2）。一方管電圧、ヘリカルピッチに関しては FBP、AiCE どちらも影響を受けており、管電圧が低いほど、またヘリカルピッチが大きいほど SD が上昇する（図 3）。CT 値は管電圧ごとに一定の差が開いていることから、造影能は撮影条件や造影剤量によらない（図 4）。また、スライス厚を薄くするほど SD は増加することがわかった（図 5）。

視覚的に見た評価について、120 kVp では 100 mA と低線量でも画像が担保できているのに対し、80 kVp ではスピッツの辺縁などでテクスチャの乱れが顕著に見られた（図 6）。

考 察

ヨード量の検討では腹部の造影において、450 mgI/kg から 520 mgI/kg に変更したことで、装置入れ替え前と同等の造影能まで向上した。そのため、520 mgI/kg は検査において十分な造影能があると判断した。

低管電圧撮影について、低電圧時にテクスチャの乱れが出た際、SD 値はほぼ同値でもこのような変化が見られたことから、SD が一定になる AiCE でも低管電圧撮影では線量が必要なこと、AiCE では極度の線量不足の場合でもノイズを低減させることができるが、画質の劣化を伴うことが考えられる。

造影能の担保についての測定結果と、80 kVp では線量不足に陥りやすく画質の劣化が懸念されることから、腎機能の悪い方への造影剤量低減撮影では、100 kVp

で造影剤量を 20% 減量する条件が適切だと考えた。

文 献

1. キヤノンメディカルシステムズ株式会社. AiCE とは？. <https://jp.medical.canon/products/computed-tomography/aice> (引用アクセス 2023 年 9 月 1 日)
2. 高木卓 編集. X 線 CT 撮影における標準化～ GALACTIC ～. 腹部-骨盤、肝ダイナミック. 改訂 2 版. 京都：日本放射線技術学会出版委員会；2016. 50-3頁.

英 文 抄 録

Original Article

Examination of Imaging Performance of CT Scanner Using AiCE and CT Imaging at Low Tube Voltage

Department of Radiology, Nagaoka Chuo General Hospital;
Radiology Technician
Sakura Komagata

Objective : In Itoigawa General Hospital, where I had worked earlier, an installed computed tomography (CT) scanner was replaced. Several differences that would affect imaging performance were found. The most important differences included switch of main reconstruction method from filtered back projection (FBP) to advanced intelligent clear-IQ engine (AiCE), deep learning reconstruction technology, and change to device specifications, increase in effective tube voltage. Apparently, the CT had lower contrast enhanced imaging resolution, not sure, but presumably because of the increase in effective tube voltage. We reexamined the amount of contrast medium and evaluated how imaging performance was actually changed. In addition, in order to reduce the amount of contrast medium for patients with poor renal function, we explored the imaging performance at lower tube voltage.

Study design : To determine appropriate contrast medium amount (iodine amount), the difference in CT values measured before and after imaging session at different points of time; (1) before replacing the device, (2) after replacing the device and before changing the iodine amount, and (3) after changing the iodine amount according to the CT imaging guidelines, standardization of X-ray CT imaging (GALACTIC). We performed imaging and measured CT values with contrast media at different concentrations by changing imaging parameters to assess effect of lower tube voltage on imaging; (1) tube voltage, (2) helical pitch, and (3) tube current. In addition, standard deviations (SDs) of images were determined for different imaging conditions in order to address the concerns about possible insufficient radiation doses at low tube voltages.

Results : By changing the amount of iodine, difference in CT value (imaging performance) in the new CT device was reduced to almost the same level that the earlier device had achieved for common contrast-enhanced imaging tasks. Even imaging performance in dynamic imaging mode was also improved to a sufficient level in the new scan. In addition, at low-tube-voltage CT imaging the new scanner delivered the same contrast effect as the normal 120 kVp imaging with 67% of the normal contrast medium amount for 80 kVp and 83% for 100 kVp regardless of helical pitch, demonstrating that reduction in contrast medium amount would be technologically viable. As for SD, when the FBP was applied, SD values exponentially increased as the tube current was lowered, whereas the values apparently remained unchanged when AiCE was applied. The image quality was deteriorated when the tube current was substantially lowered.

Conclusion : The new CT scanner achieved the same imaging performance level at abdominal CT imaging as the earlier scanner when the amount of contrast medium was increased. From the finding it was concluded that the scanner had sufficient imaging performance for the CT task. Regarding low-tube voltage imaging, from the measurements that confirmed sufficient imaging performance and a concern that less contrast medium amount was susceptible to insufficient radiation dose and deteriorated image quality at 80 kVp, it was concluded that CT scanning at 100 kVp with contrast medium amount reduced by 20% was recommended for patients with poor renal function.

Key words : Computed Tomography (CT), Filtered Back Projection (FBP), deep learning, Advanced intelligent Clear-IQ Engine (AiCE)

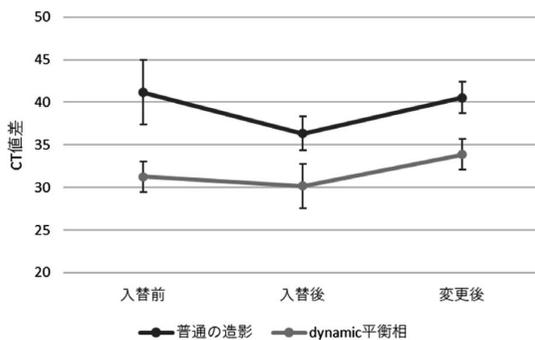


図1. 造影能の推移

表1. 各管電圧での造影剤必要割合

	標準			高速		
	CT 値	相対値	必要割合	CT 値	相対値	必要割合
80 kVp	69.5	1.48	0.67	66.5	1.50	0.67
100 kVp	56.2	1.20	0.83	53.5	1.20	0.83
120 kVp	46.9	-	-	44.4	-	-

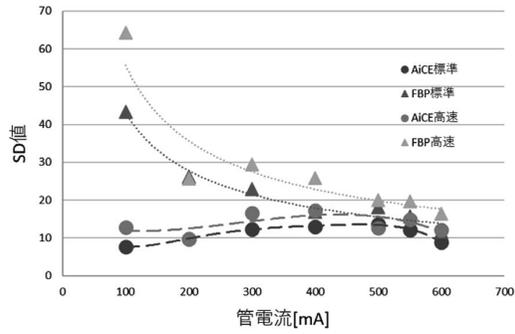


図 2. 管電流及びヘリカルピッチによる SD 値の推移

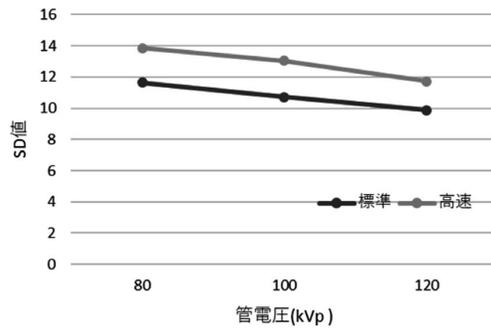


図 3. 管電圧による SD 値の推移

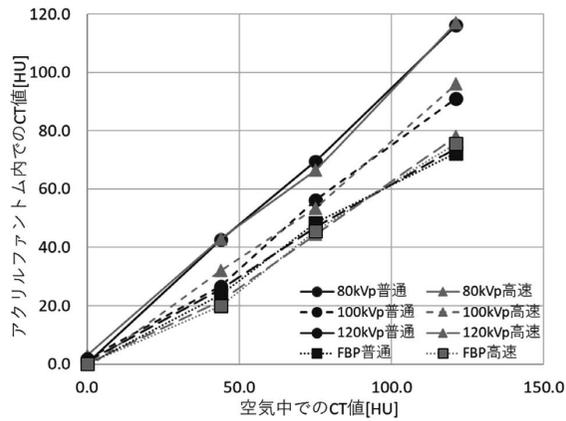


図 4. 管電圧と CT 値の関係

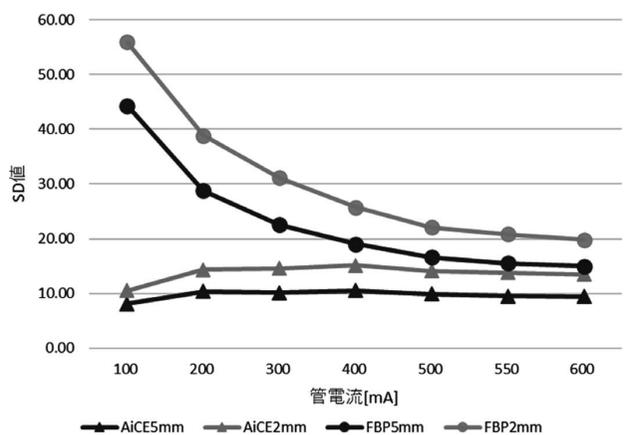
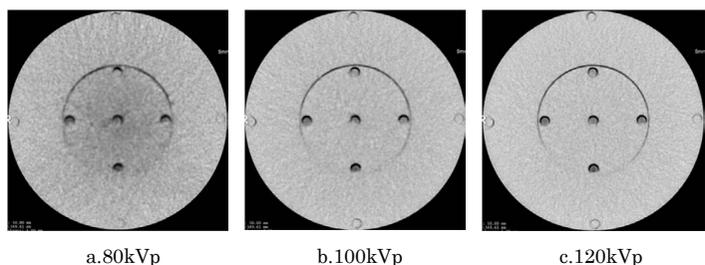


図5. スライス厚によるSD値の変化



a.80kVp b.100kVp c.120kVp

図6. 100 mA における線量不足による画質の変化