AIが照らす
乳腺
画像診断
の世界

Breast
Imaging
Vol.20

Ⅲ AIなどの最新技術が築く乳腺画像診断の世界

3. CTの最新技術の動向

—シーメンス社製装置による乳腺造影CTにおける 低管電圧撮影の実際と photon-counting detector CT の革新的な可能性

大橋 一也 名古屋市立大学医学部附属みどり市民病院放射線技術科

乳腺造影CTにおける 病変評価の現状

乳房切除術と乳房温存手術は、乳がんに対する確立された治療法であり^{1),2)}、いずれの治療においても、乳がん病変の範囲を同定し、最適な手術方法と切除範囲を決定することが重要である³⁾。乳がん病変の範囲の同定には乳腺造影MRIが最も正確な乳房画像法として確立されている^{4),5)}。しかし、閉所恐怖症、植込み型金属器具などの禁忌事項⁶⁾や、ダイナミック造影MRIにおいて背景乳腺増強の影響で感度が低下する問題点が指摘されている⁷⁾。

CTは、画像診断における不可欠なツールとして広く利用されている。CT技術の進歩に伴い画質が向上し、その画質の評価は診断精度の向上に直結する重要な要素となっており、CT装置の性能を評価し、最適な撮影条件を設定するために重要な役割を果たしている。

乳腺CTにおける乳がん病変の画質は、従来のenergy integrating detector CT (EID-CT)を用いた乳腺造影CTにおいて、管電圧120kVpで撮影を行う場合、乳管進展のある症例では乳管内病変の範囲が過小評価され、MRIに比べて外科的切除マージンの決定精度が劣ると報告されている⁸⁾。

そのため、乳がんに関するCT検査の位置づけは、『科学的根拠に基づく乳癌診療ガイドライン2015年版』において、

「CTは乳癌の広がり診断においてMRIを行うことができない場合には、従来のマンモグラフィ、超音波所見と比較して有効な場合がある。グレードC1：十分な科学的根拠はないが、細心の注意のもと行うことを考慮してもよい」と消極的なグレードとなっている⁹⁾。

しかし、このガイドラインが発行される直前の2014年には、EID-CTを用いた低管電圧撮影(70kVp)により造影効果を高める撮影技術が提案された¹⁰⁾。この技術を用いた乳腺造影CTは、乳腺造影MRIと同等の診断能を有し、仰臥位での撮影が可能であることから、術前計画における乳がん病変および腫瘍範囲の同定に有用であると報告されている¹¹⁾。

本稿では、EID-CTによる低管電圧撮影から、photon-counting detector CT (PCD-CT)までの乳腺造影CTについて、ファントムによる画質評価を中心に解説する。

低管電圧撮影

低管電圧撮影は、X線管電圧を標準よりも低く設定(例：120kVp→70または80kVp)することで、さまざまな利点をもたらす技術である。

低管電圧撮影の主な利点は、被ばく線量の低減とヨード造影効果の向上である。X線のエネルギーが低くなることで、実効原子番号の高いカルシウムやヨード造影剤の線減弱係数が増加し、コントラストが強調される。特に造影CT

では、ヨードのK吸収端(約33.2keV)に近いエネルギー帯のX線が増えることで、血管や病変の描出能が向上する。被ばく低減を目的とするのであれば、120kVpと同様のcontrast to noise ratio (CNR) およびlow-contrast detectabilityを80kVpで達成すれば、約32～42%の被ばく低減が可能である¹²⁾。被ばく線量の低減とヨード造影効果はトレードオフの関係にあるため、どちらの効果を目的とするのか、撮影条件のバランス調整が必要となる。

また、低管電圧撮影で通常の管電圧と同じノイズや被ばく線量を達成するためには大きな管電流時間積(mAs)が必要であり、ガントリ回転速度やピッチファクタを調整して撮影することとなる。しかし、ハイエンドのCT装置では1A以上の出力が可能なX線管球が搭載されているため、低管電圧撮影における撮像条件の調整は比較的容易になっている。

図1は、同じ被ばく線量(CT dose index: CTDI_{vol})で管電圧を変化させた場合の乳腺ファントムの画像とCNRである。70kVp(図1 a)では120kVp(b)と比較して、約1.76倍のCNRとなる。

X-CARE

「X-CARE(エックス・ケア)」は、シーメンス社製のCT装置に搭載されている、organ-based tube current modulationによる被ばく低減技術である。