

「Revolution シリーズがもたらす造影 CT 検査の変革」

岐阜大学医学部附属病院 放射線部 三好 利治 先生

今回、「造影CT検査の変革」に着目し、当院で現在使用しているRevolutionシリーズ2機種の発達してきた技術がもたらす造影CT検査の変化を2項目に分けて紹介した。

まず1つ目の項目は、CT検査法の中で患者の造影剤投与量が低減できる撮影手法として「低管電圧撮影」が近年注目を集めている。

診療放射線技師の中ではCT検査における「低管電圧撮影」は古くから画像のコントラストを増大させる手法として知られていたが、その反面この手法は大きな被写体での線量不足による画質の劣化や、高吸収物質でのアーチファクトの発生が顕著であり、臨床で応用されるケースが限定的であることも周知の事実であった。

しかしながら、近年の飛躍的な機器構造の発展に伴いCT装置のX線利用効率が上がると共に、逐次近似応用画像再構成法や、逐次近似画像再構成法の普及で画質改善が進んだことで、「低管電圧撮影」を利用した造影剤の減量の臨床適用が広がりつつある。

この「低管電圧撮影」による造影剤の減量が診断に影響を及ぼさないためには、体幹部の血管系検査であれば40-50% 減量しても診断に影響を及ぼさず検査は可能であり、体幹部の実質・腫瘍系診断を目的とした場合の検査であれば、体重換算で300mgI/kg まで減量しても検査可能であることが証明され、論文化されている。

今回ご紹介した内容は、あくまでRevolutionシリーズのデータではあるが、これらの研究情報等を利用すれば、診断に及ぼさない造影剤減量がどの程度可能であるのか各施設で検討が可能であると考ええる。

しかしながら、この手法にも欠点はある。被写体が大きくなれば低い管電圧では管球の特性から自動露出機構を使用しても、最大電流値に達してしまい、線量不足を起こし「画質の低下」を招くといったケースや、造影能に関しては、120kVpに比べると「各臓器の造影されるタイミング」に変化が生じる可能性、また造影

剤の投与方法を従来同様に行うと、目標の造影効果が得られない可能性があるため、造影剤の注入方法の考え方を多少変化させる必要がある。今回のセミナーではこれらの事象の対処方法や注意点を紹介した。

すべての造影CT検査での「低管電圧撮影」は現在のところ推奨しないが、放射線科や診療科の医師と相談し、腎機能低下症例など必要な場合に依じて、適時リスクとベネフィットを考慮しながら「低管電圧撮影」を使用することが望ましい。

2つ目の項目は、GE Healthcare社のDual Energy CT撮影であるGSIについてである。

GSIで新たに得られる画像は、大きく分けて仮想単色X線画像(Monochromatic image)と物質弁別画像(Material decomposition image)の2つがある。仮想単色X線画像は、40～140keVの間で任意のkeVにて計算上の単色X線画像が作成可能な技術であり、低keV領域の画像は、低いエネルギーを利用したコントラスト強調、及びそれに伴う造影剤量低減が可能で、高keV領域の画像は、高いエネルギーを利用した高吸収物質によるアーチファクト低減等のメリットがある。当院においても2012年より Discovery CT750 HDが稼働しており、単色X線等価画像を用いた検討、臨床応用を行ってきた。このDiscovery CT750 HD も2016年度にVer. UPした際にRevolution GSI HD と名前を変え、そして2017年8月より、Revolution CTでのDual Energy 撮像、GSI Xtreamが可能となり、2台体制でGSIによる検査が可能となった、今回これらの体制での検討題材に特に注目しているのが、物質弁別画像を用いた研究、臨床応用である。

物質弁別画像ではヨード密度画像、脂肪密度画像等各種密度画像において、ROIを設定することにより、それらの密度値の計測が可能である。セミナー内でも説明をしたが、物質弁別画像を使用する際に、この密度画像の理解が難しい、密度画像は「この世の中に2つの物質しかなかった場合にその

Revolutionシリーズ



GE Healthcare
Revolution GSI HD
Discovery 750HD

GE Healthcare
Revolution CT

Gifu University Hospital

低管電圧撮像 (80kVp) を用いた場合の造影剤の減量は・・・

血管系(体幹部)の診断を目的とした場合

40-50% 減量しても検査可能

実質・腫瘍系の診断を目的とした場合

体重換算で 300mgI/kg まで減量しても検査可能

もちろんこれを行うには診断を行う医師との話し合いが重要!

Gifu University Hospital

✓ 画像改善の新技術が低管電圧撮像の臨床応用を促進した

✓ 80kVp を用いた場合は約50%の造影剤減量が可能

✓ 低管電圧撮像の被ばく低減は理由を理解する必要がある

✓ 造影剤注入方法を従来の方法から再考する必要がある

患者さんの状態に合わせた造影剤の減量が幅広く行えるようになってきた

Gifu University Hospital

GSI 撮像

仮想単色X線画像：Monochromatic image

- 高keV画像によるメタルアーチファクト軽減
- 低keV画像による造影効果増大 等

物質弁別：Material decomposition

- 密度画像
- 仮想単純CT画像
- Effective Z 等

Gifu University Hospital

物質弁別：Material decomposition

密度画像

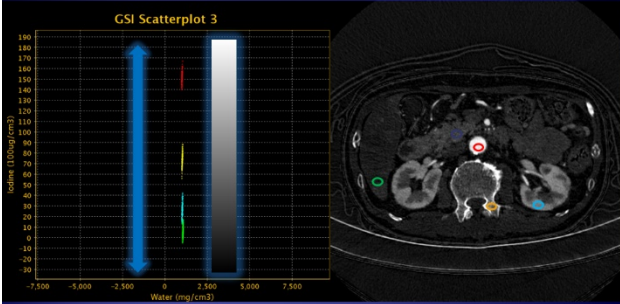
CT値の代わりに、
2つの物質の密度割合で画像を表したもの

Iodine (Water) → ヨード密度画像

ヨード密度画像 ≠ ヨードだけを抜き出した画像

Gifu University Hospital

GSI Scatterplot 3



このヨード密度を臨床に応用して診断の精度を向上したい

Gifu University Hospital

2つの物質の密度値であらわされた画像」という表現をされる。

例えば臨床で多く使用される「ヨード密度画像」は「ヨード密度画像＝ヨードだけを抜き出した画像」ではない。「ヨード密度画像」は「ヨード密度値」と「水密度値」を用いて「水密度値」をnullにした状態であらわされた画像である。この複雑な密度画像や密度値はCT値に比べて目標とする物質の密度を正確に表すため臨床での応用が期待されるが、この複雑さが仇になって多く普及していないのが現状である。

当院でもこの物質弁別画像を用いた定量解析を行うにあたり、ヨード密度値の精度を Gammex社製Dual Energy Phantom(Model 472)を用いて評価を行った。

結果、従来から使用している Revolution GSI HD(Discovery CT750 HD)でも $R^2=0.9999$ 、傾き $y=0.8732$ と高い精度で臨床では十分に役立つ制度であったが、Revolution CTは $R^2=0.9999$ 、傾き $y=1.0061$ と、更に精度が向上し、ヨード密度の計測値の信頼度が大幅に上がったと考えている。

この高精度な物質弁別・計測を実現するために、Revolution CTでは従来に比べ3倍の高精度スイッチング精度を実現した新型ジェネレーターの搭載や、散乱線を効果的に抑制する管球焦点集極型の3Dコリメーターを検出器前に搭載している。

これに加え、高感度のGemstone検出器を焦点集極配列で備え付けており、Single Energy Scanであれ

ば体軸方向に16cmのコンベンショナルスキャンが可能なワイドカバレッジな検出器幅を持つ。これらの多様なハードウェア技術を有しているメーカーは他になくRevolution CTの精度・性能は群を抜いていると感じている。

また臨床現場において課題であったGSI撮影でのワークフローは飛躍的に改良しており、撮影速度は最速245mm/秒、画像再構成時間は2500枚をわずか58秒と通常検査同等以上のワークフローであり、オペレーターも全く違和感なくGSI Xtream検査を行える。現在当院では、Revolution CTで行う体幹部の造影CT検査のほぼ全例をGSI Xtreamで検査している。

当院におけるGSIの最新臨床研究では、膀胱癌化学療法効果判定にヨード密度値を活用する研究を行い、RSNA2017でその成果を報告した。Dual Energy CT撮影で得られるヨード密度値は、腫瘍の性格・性状を評価するのに有用性が高く、治療に移行する際の判断基準に大きく貢献できる可能性があることが示唆された。この発表の内容を今セミナーで紹介した。

私たちは今後もDual Energy CT撮影が日常検査に役立つ活用法や、Dual Energy CT撮影で新たな画像表示・解析・定量化の検討を続けていき、今後の放射線診断学の発展に貢献していきたい。