

Dual energy X 線 CT 装置におけるヨードマップ機能を用いた金属元素量定量の精度に関する検討

○井河 礼弥¹⁾、久保 均²⁾、湯浅 将生³⁾、大塚 秀樹²⁾、本田 達也¹⁾、小畠 巧也¹⁾

1) 徳島大学医学部保健学科放射線技術科学専攻、

2) 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部画像情報医学分野、

3) 徳島大学病院診療支援部診療放射線技術部門

【背景および目的】造影剤や治療薬などの臓器や組織における分布量を知ることは、それらの機能を知ることができるとともに治療効果の判定等に有用であると考えられる。近年、臨床現場に導入され始めてきた Dual energy X 線 CT (DECT) 装置のヨードマップ機能を用いると、体内ヨード量の相対分布図を得ることができるとともに、様々な金属元素の定量も可能と考えられる。そこで、本研究では DECT 装置のヨードマップ機能を用いてヨードをはじめとする造影剤や治療薬に用いられる金属元素の量を定量できるかについて評価するとともに、その精度についても検討した。

【方法】使用機器：東芝メディカルシステムズ社製 Aquilion ONE デュアルエネルギーシステム

対象試薬：イオパミロン 370 (含有金属元素：ヨード)、イオメロン 400 (ヨード)、マグネビスト (ガドリニウム)、プロハンス (ガドリニウム)、EOB プリモビスト (ガドリニウム)、リゾビスト (鉄)、フェリセルツ (鉄)、ボースデル (マンガン)、シオゾール (金)、シスプラチン (白金)

使用ファントムは上記試薬を 8 段階の濃度に調整し、12cc のガラスバイアルに封入するとともに、それらを蒸留水で満たした 500 cc のボトルの周囲に配置して作成した。ファントムを 80 kV および 135 kV の管電圧で撮影し、それぞれの画像に ROI を設定することにより、それぞれの試薬における 80 kV と 135 kV での CT 値を求め、その相関関係を評価するとともに、直線近似式の傾きを求めた。管電圧以外の撮影条件は、管電流 = 570 mA (80 kV) および 100 mA (135 kV)、照射時間 = 3 秒、撮影スライス厚 = 0.5 mm とした。

求めた傾きをヨードマップ解析ソフトウェアに入力し、試薬ごとのヨードマップを作成した。そのヨードマップ上に ImageJ で ROI を設定し、試薬濃度とヨードマップ値の関係を評価した。

【結果・考察】試薬毎の金属量濃度とヨードマップ値の関係、相関係数、測定可能最低濃度値および測定した最高濃度値の結果を表 1 に示す。相関関係をみると、マンガンおよび金では良い相関関係が、ヨードおよびガドリニウムでは非常に良い相関関係であった。鉄および白金では関係性を見ることができなかった。測定可能最低濃度値とはそれぞれの関係式と X 軸との交

表 1 試薬と測定結果

試薬名 (含有金属)	金属量濃度(x)とヨードマップ値(y)の関係式	r	測定可能最低濃度値 [mg/ml]	測定した最高濃度値 [mg/ml]
イオパミロン (I)	$y = 24.99x + 26.2$	0.998	0	80
イオメロン (I)	$y = 24.94x + 32.82$	0.998	0	80
マグネビスト (Gd)	$y = 36.1x - 10.66$	0.999	0.30	16.8
プロハンス (Gd)	$y = 39.92x - 8.897$	0.999	0.22	16.9
プリモビスト (Gd)	$y = 44.28x - 13.98$	0.993	0.32	4.3
リゾビスト (Fe)	-	-	-	-
フェリセルツ (Fe)	-	-	-	-
ボースデル (Mn)	$y = 140x - 0.05$	0.971	0	0.01
シオゾール (Au)	$y = 4.23x - 0.065$	0.959	0.02	0.26
シスプラチン (Pt)	-	-	-	-

点の値で、この値から測定した上限値の間では直線関係を有していると示唆された。肺動脈血栓塞栓症 (65 歳、女性) の DECT 装置を用いた肺動脈相画像から求めたヨード量画像と、^{99m}Tc-MAA-SPECT の息止め像をピクセルバイピクセルで評価したところ、図 1 のような関係が得られ、横軸をヨード量画像、縦軸を MAA-SPECT 画像とした場合、相関関係は約 0.6 であった。

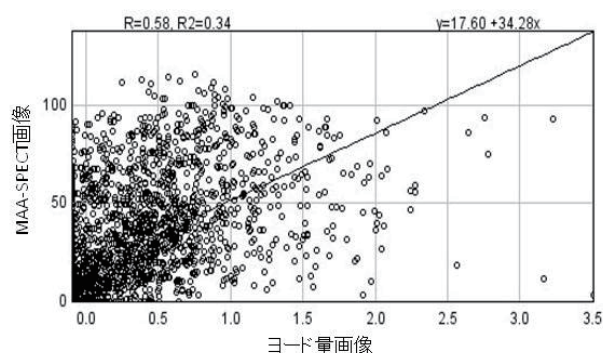


図 1 ヨード量画像と MAA-SPECT 画像の相関関係

ヨード、ガドリニウム、マンガンおよび金では金属量濃度とヨードマップ値の間で良い相関関係 ($r > 0.959$) が得られたが、それ以外では得られなかった。この結果より、ヨード、ガドリニウム、マンガンおよび金については精度よく濃度定量画像を作成することが可能であると考えられた。臨床例では、一断面のみの試みであったが、MAA-SPECT と DECT で弱い相関性があることが示唆された。今後はこれらの関係性についてより深く検討していきたい。

○松浦 龍太郎、赤木 憲明、森光 祐介、井俣 真一郎、村崎 晶洋、沖田 隆起、三村 誠一、
稲村 啓司
岡山大学病院

【背景】2011年より新装置である SIEMENS 社製 X 線 CT 装置 SOMATOM Definition Flash が導入され、2つの X 線管を用いて多様な撮影をすることが可能となった。代表的な撮影方法として、2つの X 線管で異なるエネルギーの連続 X 線を使用することで仮想単色 X 線画像を作成することが可能となった。当院ではデュアルソースを使用する症例として、DVT/PE における肺 perfusion image、放射線治療前の肺 Perfusion image、整形外科依頼の痛風の撮影において尿酸の沈着をカラーマップで表示させることに用いたり、前立腺に刺入している線源の位置・個数の確認をする為に仮想単色 X 線画像を使用している。

【目的】デュアルソース CT を用いて従来のように連続 X 線で撮影して得られた画像と、デュアルエネルギーで撮影したデータを基に再構成した仮想単色 X 線画像において画像の比較を行う。比較する対象としては CT 値と CNR の変動を観察することとした。また、画像解析結果より普段臨床で使用している画像に近い実効エネルギーの判定や高実効エネルギー画像と低実効エネルギー画像が臨床においてどのような適応があるのか検討した。

【方法】ファントムを撮影し、円形 ROI 内の CT 値を計測する。計測は3断面行い、3断面の平均値を計測結果として得られた値とする。用いるファントムは CT to ED ファントムであり、これは通常放射線治療計画用 CT において放射線治療計画を行う為に必要な‘CT 密度変換テーブル’を作成する為のファントムである。撮影条件はシングルソース使用時の腹部撮影条件を基準とし、A システムの mAs 値を変えシングルソース使用時の被曝線量と同等の線量で撮影を行った。

【使用機器】

- X 線 CT 撮影装置
SOMATOM Definition Flash (SIEMENS 社製)
- 物理評価用ファントム
CT to ED ファントム (GAMMEX Inc.)

【結果】シングルソースで撮影した画像とデュアルソースで撮影し、合成した120kV 相当の画像の CT 値は近い値を示した。シングルソースで撮影した画像に最も近い CT 値となったのは80keV の画像であった。高吸収の物質程、高実効エネルギーになると CT 値の低下が認められた。

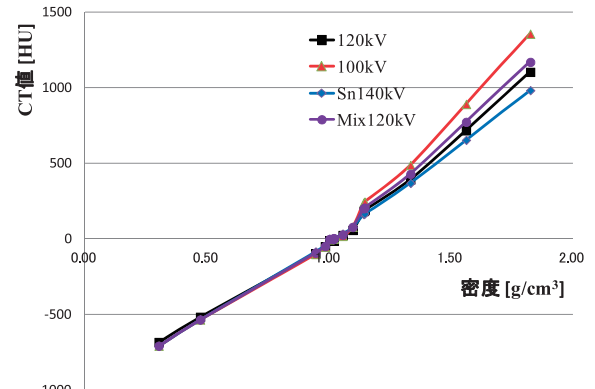


図1 連続 X 線の管電圧と CT 値との関係

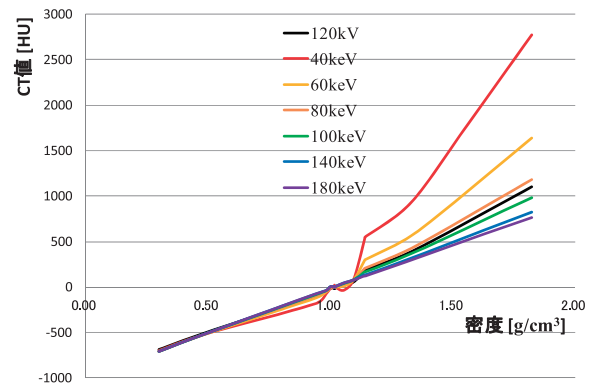


図2 仮想単色 X 線画像と CT 値との関係

【考察】現在デュアルソースで撮影した際には120kV 合成画像を画像診断に提供しているが、CT 値の変動の点からみればシングルソースの画像と比較して問題はないと考えられる。仮想単色 X 線画像を提供する場合には実効エネルギーが80keV 付近の画像がよいと考えられる。高実効エネルギー画像は高吸収の物質の CT 値が低かったことより、整形外科で使用している金属や前立腺癌治療用線源のアーチファクトを低減させる可能性があるが、高吸収の金属によるデータ欠損まで補うものではないと思われる。低実効エネルギーの画像は、物質の密度が1.1g/cm³以上の CT 値を引き上げているが、ノイズも増加する為、結果的に CNR が視覚的に大きくならなかったと考えられる。今回の評価対象以外の物理評価も含めて画質の検討を行う必要がある。

【結論】目的に応じて仮想単色 X 線画像の実効エネルギーを選択することで臨床に有用な画像を提供することが可能である。

Dual energy CT における肺血流画像の基礎的検討： test bolus monitoring scan と main bolus scan の比較

○久富 庄平^{1,2)}、上田 康之¹⁾、上田 克彦¹⁾、岡田 宗正³⁾、市川 勝弘⁴⁾

1) 山口大学医学部附属病院 放射線部、2) 金沢大学大学院 医学系研究科 保健学専攻

3) 山口大学医学部附属病院 放射線科、4) 金沢大学 医薬保健研究域 保健学系

【背景・目的】Dual energy CT (DECT) による、肺動脈造影検査では、肺野内のヨード造影剤の分布をヨードマップとして画像化することが可能であり、肺塞栓症などの肺血流に異常を呈する疾患における末梢肺血流評価の有用性が数多く報告されている。しかし、肺動脈造影 DECT における、ヨードマップ作成のために必要な造影剤量や最適な造影時相についての報告は少なく、撮像プロトコルは確立されていない。我々は、ヨードマップにおける造影剤の使用量と造影剤注入後の経時変化についての基礎的な検討を目的とし、test bolus 時に DECT にてモニタリングスキャンを行うことで、少量の造影剤による、同一断面における多時相のデータを取得し、それぞれの時相のヨードマップと main bolus 時のヨードマップとの比較を行った。

【方法】CT 装置はシーメンス社製の SOMATOM Definition を使用した。対象症例は2009年3月から2010年11月までに test bolus 法で肺動脈造影 DECT を施行した10例である。なお、本研究の臨床データの使用については山口大学倫理委員会の承認を得た。Test bolus では15 ml のイオパミドール (370 mgI/mm) を3.0 ml/s で静注し、生理食塩水30 ml で後押しを行った。モニタリングスキャンは注入開始7秒後から、3秒間隔で行った。Main bolus では80 ml のイオパミドール (370 mgI/mm) を使用し、生理食塩水30 ml で後押しを行った。Main bolus は注入開始後25秒後から撮像した。

モニタリングスキャンの各時相と main bolus 時のヨードマップを作成し、以下の検討を行った。①ヨードマップと元画像の肺動脈のCT値のそれぞれのtime density curve (TDC) の比較。②test bolus 時にピークを示した時相のヨードマップの信号値と main bolus 時のヨードマップの信号値の比較。③test bolus のピーク時相のヨードマップと main bolus のヨードマップのヒストグラムの類似度 (Bhattacharyya 係数) および尖度の比較。

【結果・考察】Test bolus におけるヨードマップと元画像の肺動脈の TDC を Fig.1 に示す。肺動脈のピークからやや遅れてヨードマップの信号値がピークを示す。Main bolus のヨードマップの平均信号値が25.8であったのに対し、test bolus のピーク時相における

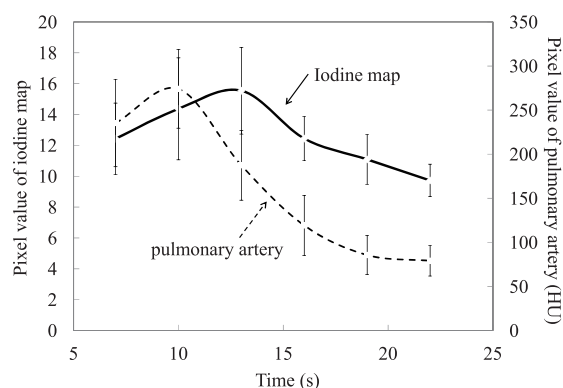


Fig.1 Relationship between the pixel value and the delay time after the test bolus injection.

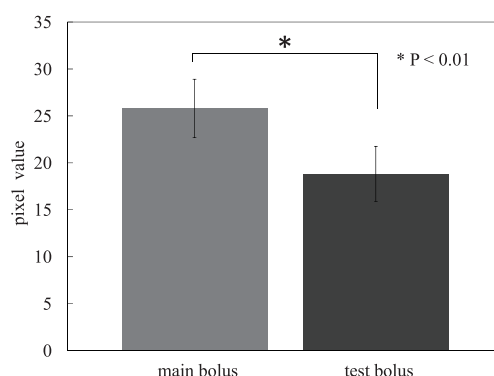


Fig.2 Comparison of pixel values of iodine maps obtained from the main bolus and the test bolus.

平均信号値は18.8となり、両者には統計学的に有意差が認められた (Fig.2)。しかし、両者の信号値の差は使用している造影剤量を考慮すると小さく、test bolus と main bolus のヒストグラムの類似度は 0.88 ± 0.07 と非常に高い値を示し、少量の造影剤でも、ヨードマップのピーク時相で撮影することで、main bolus のヨードマップに類似した画像が作成出来ることが示唆された。また、main bolus のヒストグラムの尖度が 3.6 ± 0.86 であるのに対して、test bolus では 5.8 ± 1.9 と高い値を示し、両者には統計学的に有意差が認められた。これは、test bolus では造影剤のファーストパスを捉えているのに対し、main bolus では体循環の影響を受けていることが考えられる。

【結語】今回の結果より、肺動脈造影 DECT におけるヨードマップによる肺血流評価は、適切なタイミングで撮像することで造影剤量を低減できる可能性が示唆された。