

Dual Energy CTにおける体重規定法の検証

JR仙台病院 放射線科 ○佐々木 哲也(Sasaki Tetsuya)
高橋 結菜 里村 美奈斗 平山 喬也 佐藤 栄一郎 松橋 俊夫

【はじめに】

造影CT検査において、造影剤投与量を体格(体重)で調整する体重規定法[mgl/kg]は、造影効果の再現性を維持する上で必須の手段となっている¹⁻³⁾。体重規定法は、Single Energy CT(以下、SECT)における肝臓領域の下でその有用性を確立したが、近年ではDual Energy CT(以下、DECT)にも適用が拡大されている⁴⁻⁵⁾。日常診療において、造影剤投与量を決定する行為には科学的根拠が求められるが、DECTにおいては体重規定法の有用性を示す報告は見受けられない。よって、本研究は、肝臓領域におけるSECTとDECTの造影効果から、DECTにおける体重規定法の有用性を検証することを目的とした。

【方法】

CT装置は、SECTがLightspeed VCT(GE Healthcare)、DECTがRevolution Frontier(GE Healthcare)である。対象は、当院で施行した肝ダイナミック造影CTで、濃度300[mgl/ml]の造影剤を使用して体重規定600[mgl/kg]量を右肘静脈より30秒注入し、注入開始から後期動脈相(40秒後)、門脈相(70秒後)および平衡相(180秒後)を撮像した症例を対象とした。過去の検証から、被検者年齢は造影効果を変動させる因子であるため、対象を30~70歳に限定した⁶⁾。出力画像は、SECTが120[kVp]、DECTが70[keV]の仮想単色X線画像とした⁷⁻⁸⁾。造影効果は、後期動脈相の腹部大動脈(腹腔動脈分岐レベル)、門脈相の肝実質(肝門部)、平衡相における腹部大動脈と肝実質とした。いずれもCT画像上の10点でCT値の測定を行い、造影前後の差分CT値の削除平均値をもって造影効果[HU]とした。

【結果】

対象は、2015年4月から2019年7月に施行した肝ダイナミックCTのうち、上記条件を満たしたSECT(120kVp)群177例およびDECT(70keV)群128例である。両群の被検者背景(男女比、年齢、体重、BMI)と造影条件(投与ヨード量、注入速度)に有意差を認めなかった。造影効果[HU]の結果をFig.1に示す。造影効果は、すべての時相・部位でDECT群の方が有意に高い結果となった($p<0.01$)。また、体重と造影効果の相関係数(r)を比較すると、SECT群では有意な相関を認めなかったが、DECT群では有意な正の相関($p<0.01$)を認めた(Table 1)。以上から、体重規定法を適用したDECT群では、造影効果の再現性を維持できないことが示された。

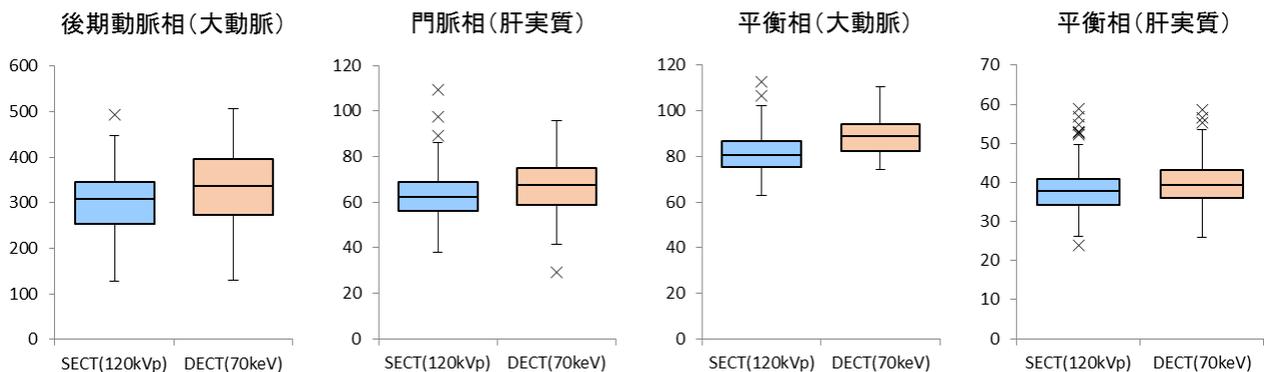


Fig.1 造影効果[HU]

Table 1 体重と造影効果との相関係数

時相	部位	SECT(120kVp)	DECT(70keV)
後期動脈相	大動脈	0.08	0.24 **
門脈相	肝実質	0.01	0.21 **
平衡相	大動脈	0.05	0.34 **
平衡相	肝実質	0.03	0.25 **

** : $p<0.01$ by Non-correlations test

【考察】

DECTにおける仮想単色X線画像は、そのエネルギーレベルを変えることで造影CTの画像コントラストを調整することができる⁹⁾。先行研究では、SECT (120kVp)と同等の画質となる仮想単色X線画像のエネルギーレベルを、70keVとする報告が多い⁷⁻⁸⁾。しかし、本検証ではDECT (70keV)の方が有意に高い造影効果を示した。Matsumotoらの報告⁷⁾では、水ファントム内に封入された希釈造影剤のCT値はSECT (120kVp)とDECT (70keV)で同等となるが、その後に行われた他の研究においては、ファントムサイズ(被写体厚)の依存性が指摘されている⁹⁾。すなわち、SECT (120kVp)の画像コントラストに相当する仮想単色X線画像のエネルギーレベル[keV]は、被写体厚(体格)によって異なると思われる。

被写体厚(体格)がCT画像に及ぼす影響として考えられるのが、ビームハードニング効果である。混合エネルギーのX線が物質を透過する過程において、低エネルギー側の光子が多く吸収されることで実効エネルギーが高くなる現象である¹⁰⁾。通常のSECTでは、被写体を水とみなしてビームハードニング補正を行っているため、その精度は被写体厚に応じて誤差が生じる。一方、高速kVpスイッチング方式によるDECTでは、位相差のない投影データ上で2種類の基準物質(水とヨード)に基づいてビームハードニング補正が行われるため、ビームハードニングの影響を実質的に排除することができる¹⁰⁾。

臨床(人体)においては、被写体厚の増加は体格(体重)の増加に起因する。体重の増加は、体脂肪率の増加を反映するため、体重規定法を適用した造影剤投与量では高体重群では過剰投与となり得る。高体重群への過剰投与は造影効果を上昇させるベクトルとなるが、SECT下では被写体厚の増加に伴うビームハードニングの影響(造影効果を引き下げるベクトル)によって、造影効果の上昇が相殺されていたと想定される。しかし、DECTにおける仮想単色X線画像では、ビームハードニング効果(造影効果を引き下げるベクトル)が実質的に排除されるため、体重の増加に伴い造影効果が右肩上がりに上昇したと考える。以上のことから、体重規定法を用いた仮想単色X線画像では、造影効果の再現性を維持するのは困難であり、造影効果の再現性を追求するのであれば、体重規定法に代わる新しい造影剤投与方法を再考する必要があると考える。

【まとめ】

体重規定法[mgI/kg]を適用したDECT (70keV)では、SECT (120kVp)以上の造影効果の再現性は期待できない。よって、さらなる造影効果の再現性を求めるならば、新たな造影剤投与規定法を再考する必要がある。

【参考文献】

- 1) Heiken JP, Brink JA, et al. Dynamic incremental CT: Effect of volume and concentration of contrast material and patient weight on hepatic enhancement. *Radiology* 1995; 195(2): 353-357.
- 2) Yamashita Y, et al. Abdominal helical CT: Evaluation of optimal doses of intravenous contrast material - A prospective randomized study. *Radiology* 2000; 216(3): 718-723.
- 3) Yanaga Y, Awai K, et al. Optimal contrast dose for depiction of hypervascular hepatocellular carcinoma at dynamic CT using 64-MDCT. *AJR* 2008; 190: 1003-1009.
- 4) Noda Y, Goshima S, et al. Optimal window settings in single-source dual-energy computed tomography of the abdomen. *European Journal of Radiology* 2018; 109: 204-209.
- 5) Lv P, et al. Can virtual monochromatic images from dual-energy CT replace low-kVp images for abdominal contrast-enhanced CT in small- and medium-sized patients? *Eur Radiol* 2018; 30.
- 6) 佐々木 哲也. 肝臓の造影効果に影響を与える因子と新たな造影剤投与規定法の提案. *Radfan* 2018; 16(6): 86-89.
- 7) Matsumoto K, Jinzaki M, et al. Virtual monochromatic spectral imaging with fast kilovoltage switching: Improved image quality as compared with that obtained with conventional 120-kVp CT. *Radiology* 2011; 259(1): 257-262.
- 8) Yu L, Lengs L, et al. Dual-energy CT based monochromatic imaging. *AJR* 2012; 199: 9-15.
- 9) Mileto A, et al. Dual-energy MDCT in hypervascular liver tumors: Effect of body size on selection of the optimal monochromatic energy level. *AJR* 2014; 203: 1257-1264.
- 10) 上野恵子. スペクトラルCT: 基本原理と臨床応用. 秀潤社 2013.