

ECLOSを用いた 50cc造影剤による大動脈造影CT

Aortographic CT Imaging with 50cc Contrast Medium Using ECLOS

入江 敏之¹⁾ Toshiyuki Irie
井上 博昭²⁾ Hiroaki Inoue
篠原 道浩²⁾ Michihiro Shinohara

林 文昭²⁾ Fumiaki Hayashi
荒木 貴久²⁾ Takahisa Araki

¹⁾日立総合病院 放射線診療科

²⁾日立総合病院 放射線技術科

0.8秒/回転のスキヤナに16列ディテクタを搭載したX線CT ECLOSを用い、50cc造影剤による大動脈造影を行った。大部分の症例において、50ccの造影剤で十分な質の大動脈CTを撮影することが可能であり、生理食塩水の後押しがなくとも十分な大動脈の造影像が得られた。

By injecting 50cc contrast medium, aortographic CT imaging was conducted using X-ray CT system ECLOS incorporating 16-channel detector on the 0.8 sec rotation scanner. In the most cases, it was possible to conduct aortographic CT imaging providing sufficient image quality, and good enough aortographic images were obtained without help of physiological saline.

Key Words: Aortographic Image, CT, ECLOS

1. はじめに

ECLOSは0.8秒/回転のスキヤナに16列ディテクタを搭載した新しいカテゴリーのCTである。最新の多列CTはほとんどすべて冠動脈の描出を目的として、スキヤナの回転を0.3～0.4秒まで引き上げているが、冠動脈の描出以外の目的でCTを用いる場合にこのようなハイスペックが必要か、疑問を感じるところである。実際、0.4秒回転に耐えるX線管球は高価格でありランニングコストの点では不利である。

最近、高速MDCTを用いた50cc造影剤による大動脈CT撮影の報告が見られる¹⁾²⁾。造影剤の量を半減した場合は大動脈が十分なCT値を保っている時間は短く、冠動脈の描出の次に高速撮影が要求される。今回ECLOSによる50cc造影剤での大動脈造影CTが実用可能か否か検討した。

2. 方法

2.1 CT撮影条件

0.8秒スキャン、100kV電圧、150～250mAを基本としてX-Y面に対してAdaptive mA(AEC機能)を併用した。コリメーションは1.25mm×16でピッチは1.69(42.2mm/秒テーブル移動)で撮影した。

2.2 造影剤注入方法、スキャンタイミング

造影剤はイオパミロン^{®1} 300(Schering)もしくはオイパロミン^{®2} 300(富士製薬)の50ccシリンジ製剤を使用し、全例で3cc/秒で注入した。生理食塩水による後押しは併用しなかった。穿刺・静脈確保は左右いずれかの肘静脈を20Gプラスチック針(Medikit)を用いて看護師が施行した。注入開始時は穿刺部を触診し造影剤漏出の有無を確認した。しかしな

がら触診は注入途中で終了した。触診中は放射線防護用プロテクターをまとい、プロテクターの外側と触診する手の甲それぞれに線量計を装着して被曝線量を計測した。

スキャンタイミングを最適化するために、プレディクトスキャンを用いて、気管分岐部で大動脈の造影状況を造影剤注入開始5秒後から3秒に1回モニターした。モニター中は安静呼吸とした。モニター撮影条件は100kV、10mA、10mm厚とした(図1)。CT値の閾値を設定したトリガーは行わず、放射線技師が上行大動脈に造影剤のボーラスが到達したことを視覚的に判断しトリガーをかけて肺尖部から頭尾方向にスキャンを開始した。呼吸停止の合図・テーブル移動時間も含めdelay timeは8秒とした。撮影・造影剤注入は4人の放射線技師、3人のCT専属看護師が各1人ずつランダムに担当し、放射線科医の立会い確認は行わなかった。

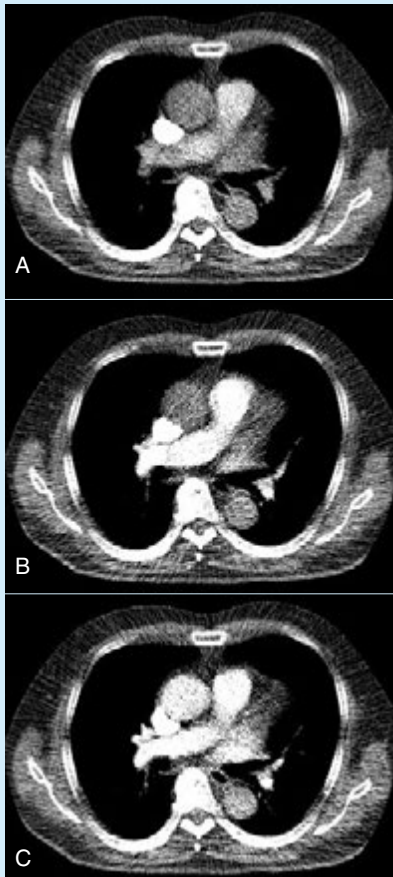


図1：プレディクトスキャンの画像

気管分岐部は肺動脈、大動脈、上大静脈が同一スライスに含まれており、なおかつ実質臓器がほとんど含まれないので低kV、低mAsでも良好な画像が得られる。患者の被曝が減少するのみならず、散乱線も減少するので静脈を触診する看護師の被曝も減少する。この症例では注入開始後5秒後(A)で上大静脈に、8秒後(B)には肺動脈に、11秒後(C)には上行大動脈にボーラスが到達していることが分かる。この時点で、トリガーをかけてスキャンプログラムをスタートさせ、8秒後に実際のスキャンが開始された。実際の造影像は図3に示してある。放射線技師がトリガーを行うのに4秒を要している。

2.3 スキャンタイミングの理論的背景

50ccの造影剤を3cc/秒で注入した場合、最大50/3 = 17秒間のボーラスを形成できる。しかし注入終了付近の造影剤は静脈内からゆっくりと流入するためにボーラスに寄与しない。この量(静脈内のデッドスペース)は12ccとされるので、生理食塩水の後押しを行わない今回の方法では(50 - 12)/3 = 13秒間のボーラスが形成される³⁾。ボーラスのCT値(大動脈)はボーラスの後ろの方が高いので、この部分でスキャンすることが理にかなっている。肺尖部から大腿骨頭レベルまで上記方法でスキャンする場合、12~15秒かかる。大動脈弁から大腿動脈までの造影剤の到達時間を8~10秒と推測した場合、ボーラスの先端が大動脈に達して6~8秒後にスキャンを開始すれば最も効率的に大動脈を造影できることになる(図2)。

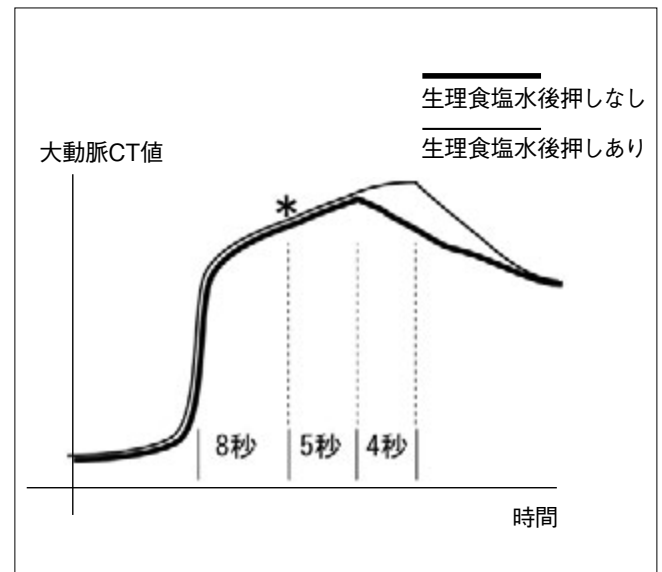


図2：生理食塩水の後押しを用いた場合と用いない場合の大動脈のCT値変化

生理食塩水で後押しすることにより、3cc/秒で注入した場合は4秒間ほどボーラスの長さが延長される。一方生理食塩水の後押しを併用しない場合は、ボーラスの前半8秒が経過したときにスキャンを開始すると、残りのボーラスは5秒間しかないが、心臓から大腿動脈まで造影剤が到達するのに8~10秒かかるかするとボーラスを追いかけることになるので実際には13~15秒のスキャン時間があることになる。

2.4 撮影症例

2007年4月20日から5月28日の間に、大動脈疾患で造影CTによる経過観察をオーダーされた24症例である。初発患者、術前検査、胸痛や臓器虚血所見等の有症状患者は除外した。内訳はB型解離で経過観察(n=11)、A型解離術後(n=5)、真性大動脈瘤術後(n=6)、真性大動脈瘤の経時観察(n=2)である。性別は男性13、女性11、年齢は45~81才(平均:68)、体重は33~86kg(平均:58)である。

2.5 検討項目

注入開始からスキャン開始までの時間、総頸動脈・大動脈弓部・肺動脈・腹部大動脈・大動脈分岐部・大腿動脈のCT値を計測した。また看護師の被曝線量を計測した。

3. 結果

スキャン開始時間は22.1～39.6秒(平均：25.7秒)であった。1例を除き、肺動脈のCT値は大動脈弓部に比較し著しく低く、その差は73.6～402.5H.U.(平均：223.6)であった。肺動脈のCT値が大動脈CT値よりも高かった1例は、上行大動脈に十分な造影剤が到達していないときにトリガーをかけた症例であり、操作ミスと考えられる。全動脈の平均CT値は、179.3～532.5H.U.(平均：329.7H.U.)であった。平均CT値が250H.U.以下の症例が3例見られた。1例は体重過多(86kg)、1例は撮影タイミングが速すぎたため(前述)、もう1例は体重が62kgでタイミングも良好と思われ原因は不明である。体重77kgの症例のCT像、3D像を示す(図3)。視覚的にも良好な像が得られている。最も大動脈のCT値が低かった体重過多の症例でも、MPR像を用いれば大動脈評価には支障ないと考えられた。動脈各部位の平均CT値を表1に示す。また、体重と全動脈平均CT値の相関をグラフに示す(図4)。

看護師の被曝は1症例当たり、体幹部では0～0.04 μ Sv(平均0.01)、手指では0～0.43 μ Sv(平均0.09)であった。

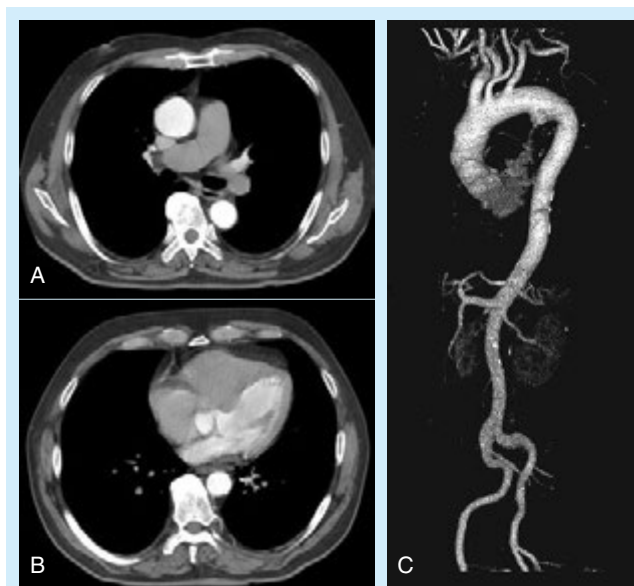


図3：大動脈造影撮影例(図1と同一症例)

肺動脈レベルのCT像(A)では肺動脈の濃度は低く、心室レベル(B)でも右室の濃度は低く、実際のスキャンではボアスの後半をうまく捉えていることが分かる。この症例は体重は77kg、動脈の平均CT値は280H.U.である。肺動脈・右室の濃度が低いので簡単に大動脈の3D像(C)が作成できる。

表1：動脈各部位のCT値

動脈各部位	CT値(H.U.)
総頸動脈	361.0 ± 75.2
大動脈弓	352.8 ± 78.3
腹部大動脈	321.2 ± 94.8
大動脈分岐部	317.0 ± 96.9
大腿動脈(外腸骨動脈)	296.5 ± 101.4
全平均	329.7 ± 83.7

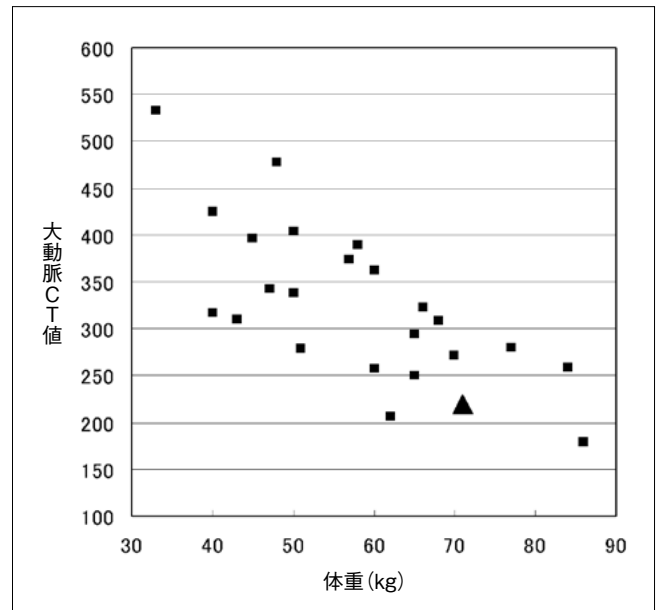


図4：体重と動脈の平均CT値との相関図

体重が重いとCT値は低くなる傾向にある。3例でCT値が250H.U.以下であった。1例は体重過多、1例はスキャンタイミングのミス(▲)、1例は原因不明であった。スキャンタイミングが速すぎた症例は体重が重いことを考慮しても散布図上でやや低めに位置している。

4. 考察

今回の0.8秒/回転の16列CTでも、全症例において50ccの造影剤で十分な質の大動脈CTを撮影することが可能であった。よって冠動脈以外のほとんどの部位の撮影・volume data採取はこのCTで可能である。本邦では欧米ほど冠動脈疾患が多発するわけでないので、ランニングコストの高い64列高速CTを1病院に複数台設置するメリットは少ないと考える。今後は16列CTが標準、64列高速CTが高級機という位置付けになると考えられる。近い将来フィルム診断はなくなり、モニター診断に移行するが、その際にはMPR像を用いた診断が主流になる。現時点でフィルム診断を行っている病院・施設であってもvolume dataのPACSへの蓄積は早急に必要なことであり、今後はこのカテゴリーの16列CTに対するニーズが増加すると考えられる。

CT造影の際に生理食塩水後押しのメリットを強調する論文は多いが、本研究では生理食塩水の後押しがなくとも十分な大動脈の造影像が大部分の症例で得られた。実際、50ccの造影剤に20ccの生理食塩水後押しを行った過去2つの報告¹⁾²⁾では、大動脈の平均CT値はそれぞれ306、319H.U.であり生理食塩水の後押しを併用していない今回の結果(329.7H.U.)の方が良好であった。MRIと異なりCTは短時間に多数の症例をこなさねばならず、撮影現場では生理食塩水後押しはシリンジの準備などかなりわずらわしいと思われる。

100kVでのCT撮影は120kVに比べコントラストが改善されるので⁴⁾、本院においては大動脈に限らず造影CTに積極的に使用している。今回の良好な結果に重要な役割を果たしていると考え。欠点はノイズが増加することだが、Adaptive Filter(ノイズリダクションフィルタ)を併用することで補っている⁵⁾。

肺動脈のCT値が弓部大動脈のCT値よりも高い症例が1例だけ見られたが、これは上行大動脈に十分な造影剤が到達しないうちにスキャンを開始したものである。残りの症例すべてで肺動脈のCT値は大動脈のCT値よりも低く、ボーラスの末尾を捉えることに成功している。実際、ボーラスの末尾を捉えられなかった症例は、大動脈のCT値がやや低めであった(図4)。また1例では40秒後にスキャンを開始し、ボーラスを捕らえることに成功している。症例によりスキャン開始には18秒の開きがあり、50ccでの大動脈造影にはプレディクトスキャンは必要不可欠な機能である。しかしながら100cc以上の造影剤を用いる一般的なダイナミックスキャンには用いていないし、それで不都合を感じることはあまりない。

プレディクトスキャン中の看護師の手・体幹の被曝は非常に低かった。As low as achievableの精神によるならプロテクター装着を否定すべきではないかもしれないが、プロテクター装着による集中力低下もあり得る。また、年間10 μ Sv以下なら規制免除にするという考えもあるので⁶⁾、現時点ではプレディクトスキャン中のプロテクター装着は看護師の自由意志にまかせている。

最後に50cc造影剤での大動脈造影の適応について論じた。当院では肺動脈塞栓・大動脈解離・瘤破裂等臨床所見・データで鑑別を絞りきれない胸痛の患者では体重あたり2ccの造影剤を2cc/秒で注入し、動脈相と門脈相の中間相あたりで胸腹部を1回のみ撮影している。1回の撮影にこだわるのは、大動脈の評価は胸腹部の撮影となるからである。単純に加えて造影を幾相も撮影すると被曝が相当なものになる。3cc/秒で注入しない理由は、肺動脈塞栓で肺動脈圧が上昇しているかもしれない患者に、更に粘調な造影剤を急速注入することには抵抗感があるためである。動脈相から少し遅れて撮影しても胸痛を引き起こすような肺動脈塞栓は十分診断できるし、解離や真性瘤はどのタイミングで撮影しても十分診断できる。肺炎や消化管潰瘍等、大動脈疾患以外の疾患の発見や解離の際の臓器虚血を診断するためにも動脈相よりも少しタイミングを遅らせて撮影した方が良いと考えているからである。よって有症状の患者では実質臓器の十分な造影も必要なので50cc造影の適応にはならない。経過観察にしても、真性瘤・慢性解離の破裂のリスクは瘤の最大短径に依存しているので単純で十分である。大動脈術後の患者も同様で、症状がなければ単純CTで大動脈径を観察すれば十分と考えている。50ccが適応になるのはTAA(胸部大動脈瘤)で5cm、AAA(腹部大動脈瘤)で4cmある患者である。一般的にはTAAは6cm、AAAは5cmが手術基準なので、手術基準に近づいたサイズの真性瘤は動脈相での撮影で動脈枝や血栓の状態を把握すべきと考える。また、type Bの急性解離で入院した場合で臨床症状が落ち着いている症例の、短期間での経過観察にも50ccの撮影が適していると考えている。

5. 結論

(1) 0.8秒/回転 16列CTでも、50cc造影剤で大動脈CTはほとんどの症例で撮影可能である。しかしながら背部痛の鑑別診断や術前診断へ応用すべきではない。

- (2) 50ccの造影剤であっても、生理食塩水での後押しは不要である。
- (3) プレディクトスキャンは特別なトレーニングを必要とすることなく、実行可能である。
- (4) プレディクトスキャン中における造影剤漏出チェックの際の看護師の体幹部・手指の被曝は微々たるものであり、当院ではプロテクターの装着は看護師の自由意志に任せることとした。

※1 イオバミロンはブラッコ・ソシエタ・ペル・アチオニ社の登録商標です。

※2 オイパロミンは富士製薬工業(株)の登録商標です。

参考文献

- 1) Utunomiya D, et al. : 16-MDCT aortography with a low-dose contrast material protocol. AJR, 186 : 374-378, 2006.
- 2) Kubo S, et al. : Thoracoabdominal-aortoiliac MDCT angiography using reduced dose of contrast material. AJR, 187 : 548-554, 2006.
- 3) Irie T, et al. : Contrast-enhanced CT with saline flush technique using two automated injectors : how much contrast medium does it save? JCAT, 26 : 287-291, 2002.
- 4) Nakayama Y, et al. : Abdominal CT with low tube voltage : preliminary observations about radiation dose, contrast enhancement, image quality, and noise. Radiology, 237 : 945-951, 2005.
- 5) 入江敏之 : ノイズリダクションフィルター(adaptive filter)と100kV電圧併用による造影CTの低被曝化・高コントラスト化. RadFan(in press).
- 6) 草間知子 : あなたと患者のための放射線防護Q&A. 111, 医療科学社刊, 1996.