



Title	マルチスライスCTにおける胸部造影検査-Dual Power Injectorを用いた生食ボース法による造影剤減量およびアーチファクト軽減効果-
Author(s)	関口, 隆三; 縄野, 繁; 佐竹, 光夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2001, 61(9), p. 484-490
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18772
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

マルチスライスCTにおける胸部造影検査

—Dual Power Injectorを用いた生食ボラス法による造影剤減量およびアーチファクト軽減効果—

関口 隆三¹⁾ 縄野 繁¹⁾ 佐竹 光夫¹⁾ 林 孝行¹⁾
村上 康二¹⁾ 那須 克宏¹⁾ 西脇 裕²⁾

1) 国立がんセンター東病院 放射線部 2) 同 内科

Multislice CT of the Thorax: Effects of contrast material pushed with saline solution using a dual power injector on contrast material dose and perivenous artifacts

Ryuzo Sekiguchi¹⁾, Shigeru Nawano¹⁾,
Mitsuo Satake¹⁾, Takayuki Hayashi¹⁾,
Koji Murakami¹⁾, Katsuhiko Nasu¹⁾
and Yutaka Nishiwaki²⁾

A new method of power injection of contrast material flushed with saline solution for thoracic multislice CT using a dual power injector was evaluated in 105 patients.

The patients were categorized into 3 groups of 35 patients each, according to the protocol of contrast material administration: (1) 100 mL of non-ionic contrast material (300 mgI/mL), (2) 75 mL of the same contrast material, and (3) 75 mL of the same contrast material flushed with 30 mL of saline solution.

Scanning was performed in a caudal-to-cranial direction. Mean attenuation for the three protocols was measured in the superior vena cava, pulmonary trunk, ascending aorta, and descending aorta. Vascular opacification and perivenous artifacts were graded using four-point scoring by a consensus panel of three blinded radiologists. Intravenous injection of 75 mL of contrast material flushed with saline solution provided significantly better vascular opacification in the superior vena cava ($p < 0.001$) and pulmonary trunk ($p < 0.02$) than that provided by a 75 mL or 100 mL injection of contrast material alone. A similar degree of enhancement was observed in the ascending and descending aorta. Further, perivenous artifacts in the subclavian vein were significantly reduced ($p < 0.05$).

Research Code No.: 506.1

Key words: Multislice CT, Contrast media, Injector, Image quality, Thorax

Received Apr. 9, 2001; revision accepted July 10, 2001

1) Department of Radiology, National Cancer Center Hospital East

2) Department of Internal Medicine, National Cancer Center Hospital East

別刷請求先

〒277-8577 柏市柏の葉6-5-1

国立がんセンター東病院放射線部

関口 隆三

はじめに

胸部造影CTにおいて、最大の情報を引き出すためには適切な造影剤の使用が不可欠であり、その使い方も検査目的に応じて異なってくる^{1,2)}。一般に腫瘍による縦隔リンパ節腫脹や血管浸潤の評価を行う場合、肺尖から縦隔の主要血管系を明瞭に描出することが造影の主たる目的である。しかし胸部造影CTの至適造影剤量については、一定の見解を得るまでには至っていない³⁻⁷⁾。マルチスライスCTでは短時間に全肺の撮影が終了するため、関心領域の血管の造影効果を撮影時間維持すればよく、より少ない造影剤で十分な診断精度の画像が得られる可能性がある。しかし撮影開始時間を従来のCTと同様とした場合、注入された造影剤が血液で希釈される時間も短縮されるために、造影剤による静脈周囲のアーチファクトが強く出現してしまうという問題点が生じる可能性がある。今回われわれはマルチスライスCTを用い、造影剤量の減量の可能性について、また生理食塩水をボラスで追加注入し、静脈内の造影剤をフラッシュすることによる主要血管系の造影効果の向上および静脈周囲のアーチファクト軽減効果について検討した。

対象および方法

対象は2000年10月～11月の間に国立がんセンター東病院で、マルチスライスCTを用いて腫瘍による縦隔リンパ節腫脹や血管浸潤の評価目的に、胸部造影CT検査の施行された患者105人、105例である。頸部、腹部または骨盤部など、検査が複数部位にまたがるような症例は対象から除外した。また肺動脈塞栓検出やCT angiographyなど、特別のプロトコルでの撮影が必要とされた症例も除外した。男女比は75:30(15:6)、平均年齢は63.4±11.3歳(20～86歳)である。症例の内訳は、肺がん58例、質的診断不明の肺腫瘍7例、縦隔腫瘍9例、頭頸部腫瘍8例、消化器悪性腫瘍7例、乳癌7例、食道癌5例、悪性中皮腫1例、肝細胞癌1例、脾癌1例、悪性リンパ腫1例である。

対象は投与造影剤量および生理食塩水によるボラス法併用の有無により無作為に3群に割り付け、prospectiveに

検査を施行した。3群のプロトコルをTable 1に示す。3群はそれぞれ男性25例、女性10例、計35例で、造影剤量100mL群(プロトコルA)、造影剤量75mL群(プロトコルB)、造影剤75mLに生理食塩水によるボラス法併用群(プロトコルC)である。3群の年齢(プロトコルA平均 62.6 ± 9.1 歳;プロトコルB平均 63.6 ± 14.0 歳;プロトコルC平均 64.1 ± 10.6 歳)、身長(プロトコルA平均 161.1 ± 7.9 cm;プロトコルB平均 161.8 ± 9.4 cm;プロトコルC平均 162.8 ± 9.0 cm)、体重(プロトコルA平均 57.1 ± 8.5 kg;プロトコルB平均 56.8 ± 10.4 kg;プロトコルC平均 57.5 ± 10.6 kg)に、統計学的有意差は認められなかった(Bonferroni/Dunn法による多重比較検定を用い、有意水準0.05にて検定)。

用いたマルチスライスCT装置はAquilion multislice CT(東芝メディカル社製)である。撮影条件は、X線管電圧135KVp、X線管電流150mAs、スキャン時間は0.5秒/回転で、ディテクタ幅3mm×4列、ヘリカルピッチ5.5、画像再構成間隔5mm、画像再構成間隔厚5mmとした。

パワーインジェクターは、オートエンハンスA-50(根本杏林堂)とオートエンハンスA-250(根本杏林堂)の2台の自動注入器を1本のアームで支えたdual power injector装置を作

成し用いた(Fig. 1)。それぞれの自動注入器は200 mLのシリンジを保持し、オートエンハンスA-250には造影剤を、オートエンハンスA-50には生理食塩水を注入し用いた(Fig. 1)では、両者を区別しやすいよう、生理食塩水は着色した。実際の使用に当たっては、着色は行っていない。2本のシリンジは、それぞれ逆流防止弁(MSコネクター、トップ)を付けた60cm耐圧チューブ(L-30, 根本杏林堂)を介して3方活栓(R型フラッシュロック、トップ)と接続させて用いた。

用いた造影剤はIopamidol (300mgI/mL, 日本シェーリング)である。造影剤量は、プロトコルAでは100mL、プロトコルBでは75mL、プロトコルCでは75mL注入直後より生理食塩水30mLの追加ボラス注入を行った(Table 1)。造影剤および生理食塩水はそれぞれ2mL/secの速度で前腕の皮静脈より、20-22Gの留置針を介して静注された。右側皮静脈より造影剤および生理食塩水の静注がなされた例が多く、右側皮静脈から静注された症例は95例、左側皮静脈から静注された症例は10例である。

撮影はインジェクター(オートエンハンスA-250)と同期させ、造影剤注入終了直後より足方より肺尖方向に向かって撮影した。従って、プロトコルAは造影剤注入開始50秒後より、プロトコルBおよびプロトコルCは造影剤注入開始37.5秒後より撮影を開始した。撮影に要した時間は平均 12.7 ± 1.0 秒、撮影範囲の平均は 352.3 ± 32.5 mmである。

画質評価

各群の画質評価について、主要血管のCT値測定を行う定量評価と、主要血管の造影効果および静脈周囲のアーチファクトについての視覚評価を行った。

1) 定量評価

CT値の測定は、肺動脈本幹レベルで行った。上大静脈、肺動脈幹、上行大動脈、下行大動脈の4点に関心領域を設定し、それぞれのCT値を計測、記録した。各群における上大静脈、肺動脈幹、上行大動脈、下行大動脈のCT値の統計学的有意差検定は、Bonferroni/Dunn法による多重比較検定を用い、有意水準0.05にて検定を行った。

2) 視覚評価

視覚評価は血管系の造影効果と静脈周囲のアーチファクトについて、それぞれ4段階のスコア法で3名の放射線専門医(N.S, M.S, T.H)により判定を行った。血管系の造影効果および静脈周囲のアーチファクトの判定基準をTable 2に示す。血管系の造影効果については、上大静脈、肺動脈、

上行大動脈、下行大動脈の4本の血管について判定した。静脈周囲のアーチファクトについては、造影剤注入側の鎖骨下静脈および腕頭静脈、上大静脈の3本の静脈について判定を行った(Fig. 2)。視覚評価画像は、撮影順とは逆に肺尖から尾側方向の順で、一律window width 400 HU, window level 50 HUの条件でX線フ

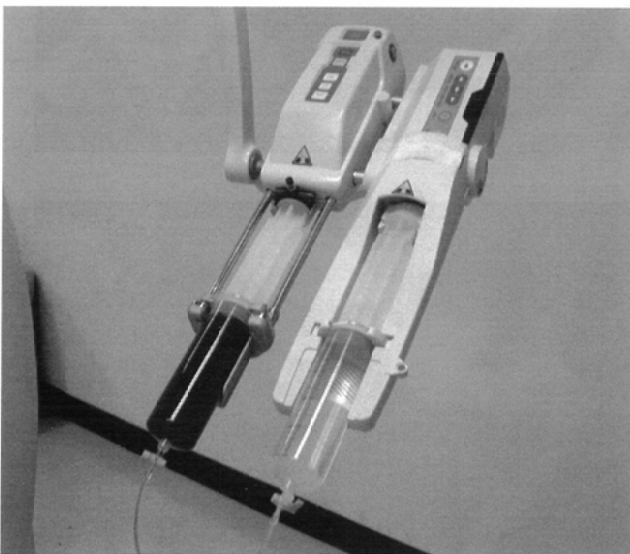


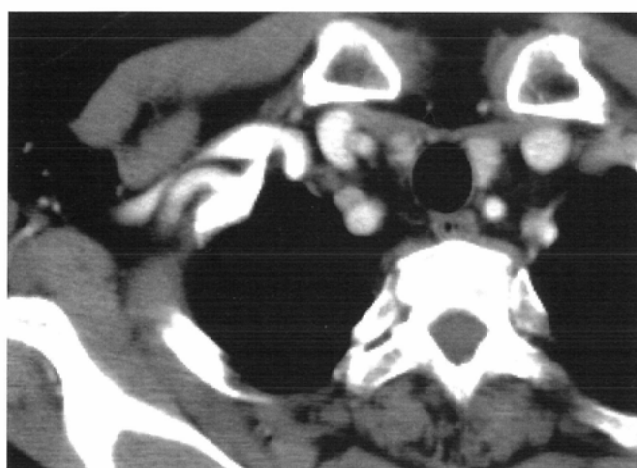
Fig. 1 Dual power injector. Each injector holds a 200-mL syringe. One syringe was filled with a nonionic contrast agent, and the other, with 0.9% saline solution.

Table 1 Protocols of the contrast material administration

Protocol	Volume of 300mgI/mL Contrast material (mL)	Volume of 0.9% saline (mL)	Total volume (mL)
A	100	0	100
B	75	0	75
C	75	30	105

Table 2 Scoring of vascular opacification and perivenous artifacts

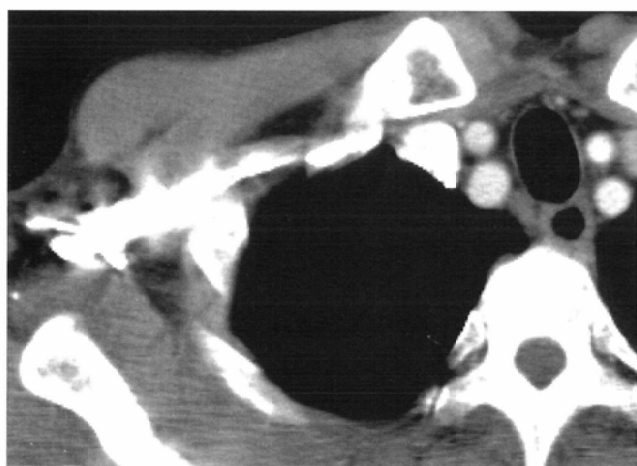
Score	Vascular opacification	Perivenous artifacts
1	Excellent, high degree of vascular opacification	None, distinct anatomic detail
2	Good, diagnostic quality	Minimal, without notable obscuration of adjacent structures, diagnostic quality
3	Fair, enhancement may be insufficient for diagnosis	Moderate, partially obscuring adjacent structures
4	Poor, no visible enhancement, insufficient for diagnosis	Extensive, completely obscuring adjacent structures



(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 2 Multislice CT scans at the level of subclavian vein in four patients.

A: grade-1 perivenous artifact.

B: grade-2 perivenous artifact.

C: grade-3 perivenous artifact.

D: grade-4 perivenous artifact.

イルムに焼き付けたものを用いた。その際付帯情報は消去し、判定者にプロトコルが分からないようにした。また視覚評価画像は3群ランダムに並び替え、判定を行った。視覚評価の統計学的有意判定は、Tukeyの多重比較検定を用い、有意水準0.05にて検定を行った。

結 果

対象105例において、造影剤の血管外漏出および造影剤アレルギーは1例も認められなかった。また全例1呼吸停止下に検査を施行することができた。

各群の上大静脈、肺動脈幹、上行大動脈、下行大動脈のCT値平均および標準偏差、その多重比較検定結果をTable 3に示す。上大静脈ではプロトコルCの平均CT値は348.3 HUとプロトコルAの273.4 HUおよびプロトコルBの270.2 HUに比べ、統計学的に有意に高値を示した($p = 0.0005$, $p = 0.0003$)。肺動脈幹においてもプロトコルCの平均CT値は243.6 HUと、プロトコルAの212.1 HU、プロトコルBの193.3 HUに比べ、統計学的に有意に高値を示した($p = 0.0172$, $p = 0.0003$)。上行大動脈および下行大動脈の平均CT値は3群ともに230~250 HUとほぼ同程度で、群間に統計学的有意差は認められなかった。

各群の上大静脈、肺動脈、上行大動脈、下行大動脈の造影効果に対する視覚評価結果をFig. 3に示す。上大静脈の造影効果において、プロトコルBではExcellentと評価された症例が11例と、プロトコルAの18例、プロトコルCの19例に比べ少なかったが、統計学的有意差は認められなかった。しかし、肺動脈の造影効果については、プロトコルBではFairと評価された症例が7例と多く、プロトコルAおよびプロトコルCに比べ統計学的に有意に造影効果が低いという評価であった($p < 0.05$)。上行大動脈および下行大動脈の造影効果については3群ほぼ同様の評価で、群間に統計学的有意差は認められなかった。

各群の造影剤注入側の鎖骨下静脈および腕頭静脈、上大静脈の静脈周囲のアーチファクトに対する視覚評価結果をFig. 4に示す。鎖骨下静脈周囲のアーチファクトは、プロトコルCで最も少なく、Moderateと評価された症例は6例と、プロトコルAおよびプロトコルBの11例の約半数で、統計学的に有意に静脈周囲のアーチファクトが少ないという評価が得られた($p < 0.05$)。腕頭静脈および上大静脈周囲のアーチファクトについては3群ほぼ同様の評価で、群間に統計学的有意差は認められなかった。

考 察

今回の検討では、300 mgI/mLの造影剤75 mLに生理食塩水30 mLによるボラス注入併用群(プロトコルC)が、生理食塩水によるボラス注入併用を行わなかった造影剤100 mL注入群(プロトコルA)または75 mL注入群(プロトコルB)に比べ、上大静脈および肺動脈の造影効果において同

等またはより優れた描出能を示し(Table 3, Fig. 3)、鎖骨下静脈周囲のアーチファクト軽減効果も統計学的有意差を持って認められた(Fig. 4)。上大静脈および肺動脈幹のCT値は、造影剤注入終了時に最高値を呈し、その直後より急速に低下することがOnoら⁸⁾の胸部ダイナミックCTによる時間-濃度曲線の検討により報告されている。生理食塩水の追加注入は、造影剤の持続注入に類似した効果を上大静脈および肺動脈幹に与え、同部のCT値上昇を引き起こしたものと考えられた。上大静脈のCT値平均は、生理食塩水ボラス注入併用群は348.3 HUと、併用を行わなかった他群に比べ有意に高値を示した。上大静脈周囲のアーチファクトに対する視覚評価では、生理食塩水ボラス注入併用群において、Moderateなアーチファクトを認めた症例は4例と、他群の1例に比べ多くみられたが、3群間に有意差は認められず、上大静脈のCT値上昇が、上大静脈周囲のアーチファクト増強を有意差をもって招くまでには至らなかった。生理食塩水ボラス注入併用群において、アーチファクトが見られなかったNone症例は15例で、同量の造影剤を用いた造影剤75 mL群の13例に比べ多く認められた(Fig. 4)。上大静脈のCT値分散は109.8 HUと、他の群の55.8 HU、89.0 HUに比べ大きい傾向がみられており(Table 3)、値にややばらつきがあることが上大静脈周囲アーチファクトの視覚評価に影響している可能性が示唆された。鎖骨下静脈周囲のアーチファクトは、生理食塩水ボラス注入併用群において、アーチファクトを認めないNoneは10例と、他群の2例および3例に比べ多く、Moderateなアーチファクトがみられた症例は6例と、他群の11例に比べ少なかった(Fig. 4)。また、腕頭静脈周囲のアーチファクトは、ModerateまたはExtensiveなアーチファクトを認めた群はなく、生理食塩水ボラス注入併用群において、Minimalなアーチファクトを認めた症例は2例と、他群の4例および5例に比べ少なかった(Fig. 4)。これらは、生理食塩水の追加注入が、静脈内に停滞している造影剤の希釈を促進し、鎖骨下静脈周囲および腕頭静脈周囲のアーチファクト軽減につながったものと考えられた。

Haageら⁷⁾は、われわれと同様に生理食塩水の追加注入を行い、20%の造影剤量の軽減および上大静脈周囲のアーチファクト軽減が得られたと報告している。またHopperら⁶⁾は、造影剤と生理食塩水とを同一シリンジに注入し、生理食塩水による造影剤フラッシュを行い、75 mLの造影剤で、125 mLの造影剤単独と同等の造影効果が得られ、アーチファクトの軽減も認められたと報告している。しかし造影剤と生理食塩水とを同一シリンジで用いる場合、薬剤の吸引を急ぐと造影剤と生理食塩水とが混合してしまうため、吸引操作はゆっくりと行う必要があり、本法を臨床現場で用いるには煩雑で、日常に用いることは難しい。今回われわれが作成した2本のシリンジを保持することのできるインジェクターは造影剤、生理食塩水別々に保持することが可能で、操作は単純であり、臨床の現場で日常利用することが可能である。マルチスライスCTでは短時間に撮影が終了するため、注入された造影剤が血液で希釈される時間も短

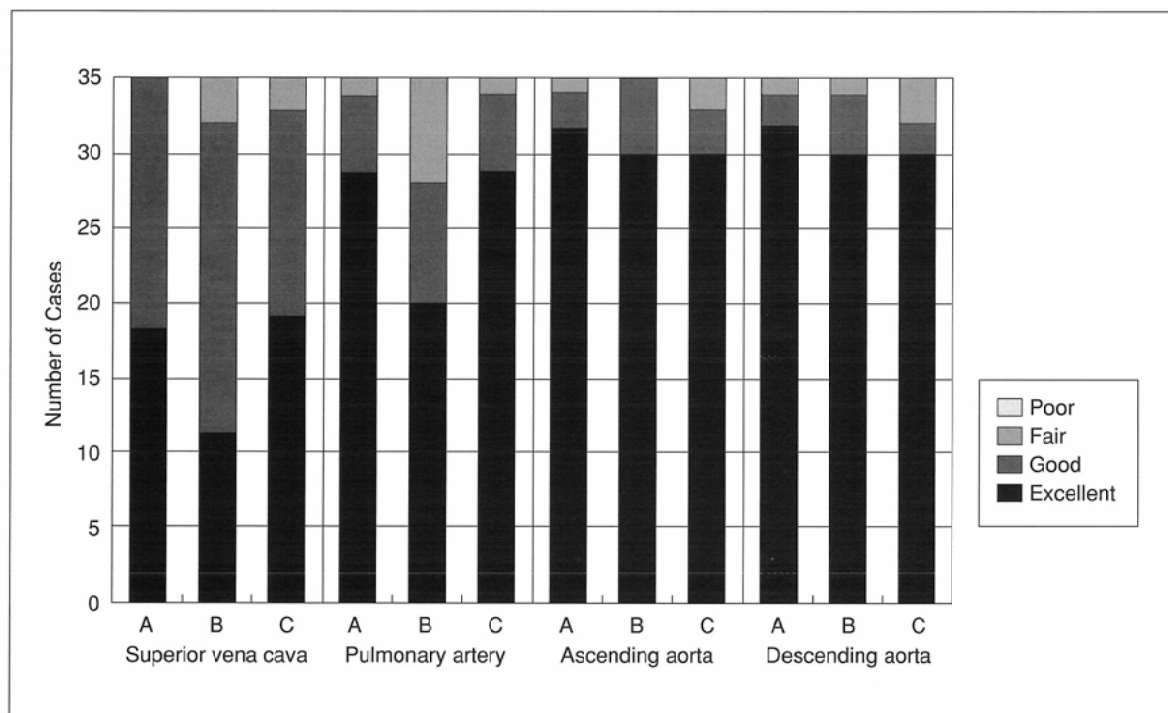


Fig. 3 Vascular opacification.

Graphic depictions of qualitative results for each protocol described in Table 1.

A = protocol A, B = protocol B, C = protocol C.

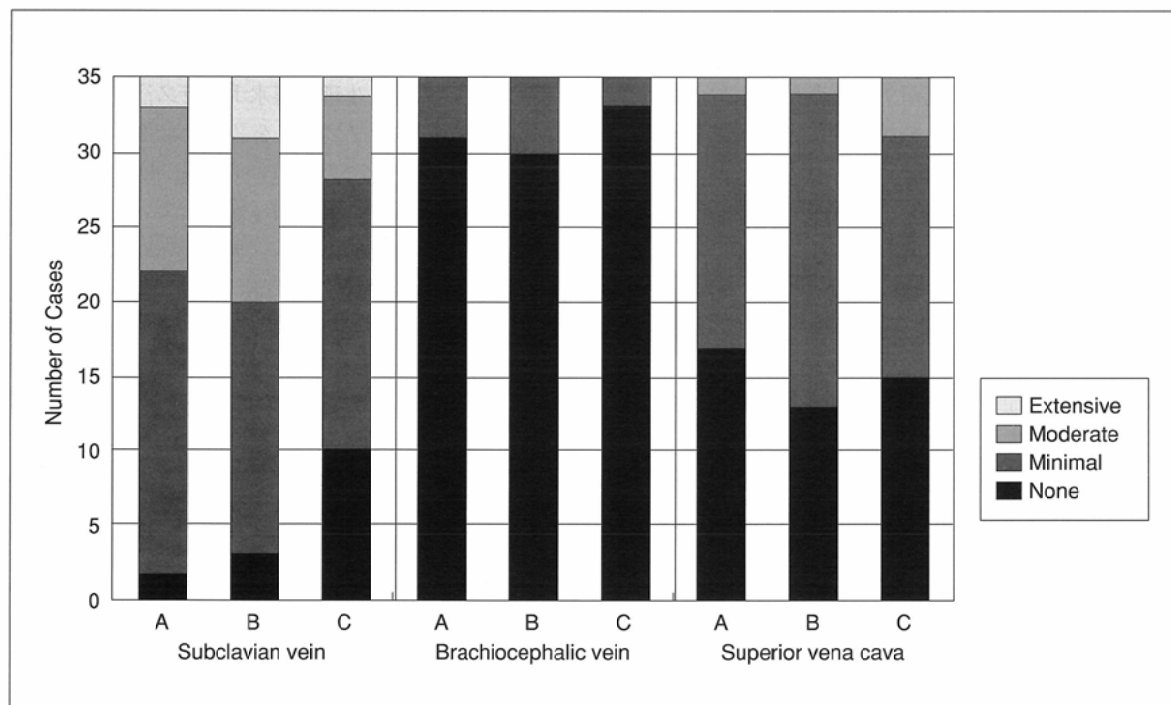


Fig. 4 Perivenous artifacts.

Graphic depictions of qualitative results for each protocol described in Table 1.

A = protocol A, B = protocol B, C = protocol C.

Table 3 Results of quantitative Measurement

Protocol	CT attenuation value (HU; mean±SD)			
	Superior vena cava	Pulmonary trunk	Ascending aorta	Descending aorta
A	273.4 ± 55.8	212.1 ± 34.5	251.4 ± 38.5	245.1 ± 39.9
B	270.2 ± 89.0	193.3 ± 55.0	244.6 ± 47.4	237.6 ± 43.3
C	348.3 ± 109.8	243.6 ± 73.3	235.0 ± 43.9	232.2 ± 43.0
A versus B	p = 0.8803	p = 0.1810	p = 0.5156	p = 0.4616
A versus C	p = 0.0005	p = 0.0172	p = 0.1164	p = 0.2051
B versus C	p = 0.0003	p = 0.0003	p = 0.3540	p = 0.5929

縮される。造影剤による静脈周囲アーチファクト、特に鎖骨下静脈周囲アーチファクト軽減のためには生理食塩水のボラス注入は非常に有効な方法であり、今後マルチスライスCTを用いた胸部造影検査において、dual injectorの登場とともに汎用されていくものと思われる。

CT値による定量評価および静脈周囲のアーチファクトに対する視覚評価において、投与造影剤量の異なる造影剤100mL群と造影剤75mL群との間に、統計学的有意差は認められなかった(Table 3, Fig. 4)。しかし視覚評価による造影効果では、肺動脈においては造影剤75mL群が劣る結果を示し、造影剤の減量が、肺動脈周囲、特に肺門部の診断精度の低下を引き起こす可能性が示唆された(Fig. 3)。造影効果の評価基準(Table 2)により、肺動脈幹のCT値平均をみると、造影剤100mL群および造影剤75mL群で、Fair (Score 3)と評価された例はそれぞれ1例および7例で、CT値平均はそれぞれ148.2HUおよび169.0HUであった。また、Good (Score 2)と評価された例はそれぞれ5例および8例で、CT値平均は179.9HUおよび180.9HUであった。診断レベルには、肺動脈幹のCT値が170HUでは不十分である可能性が高く、180HU以上必要とされる可能性が示唆された。

静脈周囲のアーチファクト軽減に関して、低濃度造影剤の有用性が報告されている^{4,5)}。Rubinら⁵⁾は、造影剤を様々な濃度に生理食塩水で希釈し、希釈造影剤は静脈周囲アーチファクト軽減に有効であったと報告している。しかし、主要動脈の造影効果はCT値平均で150～190HUと決して満足のいくものではなく、臨床的には必ずしも十分な造影効果が得られているとはいえない。また、撮影部位、撮影方法の異なる患者を扱う臨床の場において、胸部造影CT患者を対象に造影剤を生理食塩水で希釈する方法は非常に煩雑であり、低濃度造影剤が製品として即座に利用できる場合を除き、臨床的には受け入れがたい。

造影剤を静注しながら、また静注直後に肺尖から足方へ撮影を行うと、注入された造影剤による静脈周囲のアーチファクトが鎖骨下静脈から上大静脈にかけて強く認められる。また、ヘリカルCTを用いて1呼吸停止下に肺尖より全肺の撮影を行う場合、撮影終了間際となる横隔膜の動きに

よるアーチファクトもしばしば認められる。今回これらのアーチファクトを軽減する目的で、撮影は造影剤注入直後より足方より肺尖に向かって行った。体動によるアーチファクトを認めた例はなく、静脈周囲のアーチファクトは、診断に影響があるとされるScore 3以上の例はプロトコールにより多少異なるが、鎖骨下静脈では20.0～42.9%、腕頭静脈では0%、上大静脈では2.9～11.4%の症例に認めるのみと少なかった(Fig. 4)。また、肺尖より撮影が行われている場合、造影剤量の増加に応じ、静脈周囲のアーチファクトが増強するとの報告がある^{5,6)}。今回足方より撮影を行うことにより、造影剤100mLまたは75mL用いた群との間に、造影剤量の増加に応じた静脈周囲アーチファクトの増強は観察されなかった。撮影方向に関しPittmanら⁹⁾は、胸部造影ヘリカルCTにおいて、肺尖より足方または足方より肺尖方向に撮影された2群の画像の画質比較を行い、足方より肺尖に向かって撮影された画像が、静脈周囲や体動によるアーチファクト、主要血管の造影効果、縦隔リンパ節描出のすべてにおいて優れていたと報告している。今回われわれも、撮影方向を足方より肺尖方向にすることにより、体動アーチファクトおよび造影剤による静脈周囲アーチファクトを軽減させることができ、胸部造影CT検査においては、足方より肺尖方向への撮影を撮影方向の標準とすべきであると考えられた。

近年、個々の循環動態に応じて撮影できるように、造影剤の関心領域への流入を感知し、自動的または半自動的に撮影を開始することのできるアプリケーション(RealPrep, SmartPrepなど)が登場してきている。こうしたアプリケーションの利用や、個々の体格に応じた投与造影剤量の決定方法なども含め、造影剤のさらなる減量の可能性、使用造影剤濃度、造影剤注入速度、生理食塩水によるボラス併用方法、撮影タイミングについて今後さらに検討を重ねていく必要がある。またマルチスライスCTにおいては、ディテクター幅およびヘリカルピッチなどの撮影条件によっても、出現するアーチファクトの程度が異なることが知られている。マルチスライスCTを用いて検査を行う場合、造影剤の使用法のみならず、こうした撮影パラメータも

考慮し、プロトコールを作成していく必要がある。

結 語

生理食塩水ボラス法併用により、造影剤25%の軽減が可能であった。本法は、上大静脈および肺動脈の造影効果に優れており、鎖骨下静脈周囲アーチファクト軽減効果も認められ、診断精度向上に大きく寄与するものと思われた。また、撮影方向を足方より肺尖方向にすることにより、体動アーチファクトおよび造影剤による静脈周囲アーチファクトを軽減させることができた。短時間で撮影が終了し、注入された造影剤の希釈される時間の短いマルチスライスCTを用いた胸部造影検査においては、撮影方向は足

方より肺尖方向とし、生理食塩水ボラス法を併用することが望ましく、dual power injectorの登場とともに本法が普及するものと期待される。

謝 辞

視覚評価にご協力いただいた中屋良宏技師、データ入力にご協力いただいた谷口章子氏に感謝致します。

本論文の要旨は、第60回日本医学放射線学会総会(神戸, 2001)にて発表した。なお本研究の一部は、平成12年度厚生科学研究費補助金および厚生省がん研究助成金の援助を受けた。

文 献

- 1) Costello P: Thoracic helical CT. *RadioGraphics* 14: 913-918, 1994
- 2) Cascade PN, Gross BH, Kazerooni EA, et al: Variability in the detection of enlarged mediastinal lymph nodes in staging lung cancer: a comparison of contrast-enhanced and unenhanced CT. *AJR* 170: 927-931, 1998
- 3) Costello P, Dupuy DE, Ecker CP, et al: Spiral CT of the thorax with reduced volume of contrast material: a comparative study. *Radiology* 183: 663-666, 1992
- 4) 古川 毅, 島本佳寿広, 廣田英輝, 他: 胸部ヘリカルCTにおける至適造影剤濃度の検討. *日本医放会誌* 55: 138-144, 1995
- 5) Rubin GD, Lane MJ, Block DA, et al: Optimization of thoracic spiral CT: effects of iodinated contrast medium concentration. *Radiology* 201: 785-791, 1996
- 6) Hopper KD, Mosher TJ, Kasales CJ, et al: Thoracic spiral CT: delivery of contrast material pushed with injectable saline solution in a power injector. *Radiology* 205: 269-271, 1997
- 7) Haage P, Schmitz-Rode T, Hubner D, et al: Reduction of contrast material dose and artifacts by a saline flush using a double power injector in helical CT of the thorax. *AJR* 174: 1049-1053, 2000
- 8) Ono S, Akaizawa T, Gotou R, et al: Analysis of time-density curves of contrast media for improvement of chest dynamic incremental CT. *J Comput Assist Tomogr* 23: 753-757, 1999
- 9) Pittman CE, Barrett B, O'Keefe JB, et al: CT scanning of the thorax: a comparison of two protocols. *Radiology* 217(P): 383, 2000