



Title	マルチスライスCTにおける造影剤の有効な使用方法
Author(s)	伊藤, 加奈子; 山下, 康行
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2002, 62(12), p. 675-681
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16128
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における造影剤の有効な使用方法

伊藤加奈子¹⁾ 山下 康行²⁾

1)熊本中央病院放射線科 2)熊本大学医学部放射線医学講座

Special Lecture**How to Use Contrast Material
in Multislice CT Examinations**Kanako Ito¹⁾, and Yasuyuki Yamashita²⁾

Since the introduction of multislice CT in the clinical field, the acquisition time for helical CT becomes very short. As a result, contrast material administration becomes more difficult but at the same time offers new opportunities. Scan protocol should be optimized depending on the organ. To reach the best contrast enhancement, several different approaches have been proposed. In general, higher injection rate result in higher level of arterial enhancement suitable for CT angiography. Scan timing should be optimized using bolus triggering or test injection technique.

Sufficient amount of contrast material should be used in parenchymal imaging including liver and pancreas. For venous imaging including portal vein, sufficient contrast medium is also required to obtain diagnostic 3D imaging. Multislice CT may be beneficial in CTAP and CTHA examinations. In chest CT examinations, the amount of contrast material relative to single slice helical CT can be reduced. The overall quantity, flow rate and type of contrast medium still need to be optimized in further studies.

Research Code No.: 501.1

Key words: Multi slice CT, Contrast media, CT angiography

Received Oct. 3, 2002

Department of Radiology, Mie University Hospital

本論文は、日本医学放射線学会誌編集委員会が企画し、執筆依頼した。

別刷請求先

〒860-8556 熊本市本荘1-1
熊本大学医学部放射線医学講座
山下 康行**はじめに**

マルチスライスCTは従来のヘリカルCTと比較し短時間に広い範囲の撮像が可能となった。そのため、時間分解能の向上、空間分解能の向上といったさまざまな利点がある。特に造影検査を行う場合においては造影剤が対象臓器や血管内に留まる時間も限られており、マルチスライスCTによる時間分解能の向上はさまざまな可能性を引き出す¹⁾。例えば、肝のダイナミックCTにおいては1回の息止めにて何回も肝全体の撮像が可能となり多相性のdynamic CTが可能となった。また、大血管においては一回の息止めにて広範囲かつ高分解能の3D-CTAの撮像が可能となった。胸部では撮像時間の短縮により造影剤の低減も可能である。

一方、マルチスライスCTは撮像時間が短いため撮像のタイミングを間違えると逆に不十分な検査となってしまう可能性もある。それぞれの対象臓器の血行動態や造影剤の血中動態を理解し、適切な造影剤の注入量、注入速度、撮像のタイミングを設定することは良好な画像を引き出すためには非常に重要である。今回特にマルチスライスCTが有用と思われる腹部臓器(肝や脾)、胸部領域、大血管について造影剤の投与法を含めて実際の撮影法を述べる。

I. 腹部臓器**1. 肝臓のダイナミックCT**

肝の血行動態は他の多くの実質臓器とは異なり主に二つの血流、つまり動脈と門脈によって栄養されている。そのため、肝の腫瘍性疾患においては腫瘍の血行動態を評価するダイナミックCTは非常に有用である。一般に肝動脈内に造影剤が存在する動脈相、続いて肝実質が門脈からの血流にて最も強く造影される実質相、血管内と細胞外液中の造影剤の濃度が平行となる平行相の撮像が行われる。造影剤を急速に静注(30秒で注入、フローレートは3~5ml/min)された場合、通常、30秒前後で腹部の動脈に達し、次いで門脈が50秒前後でピークに達する。肝実質の造影のピークは70秒前後以降となる。このように造影剤の動脈相の持続時

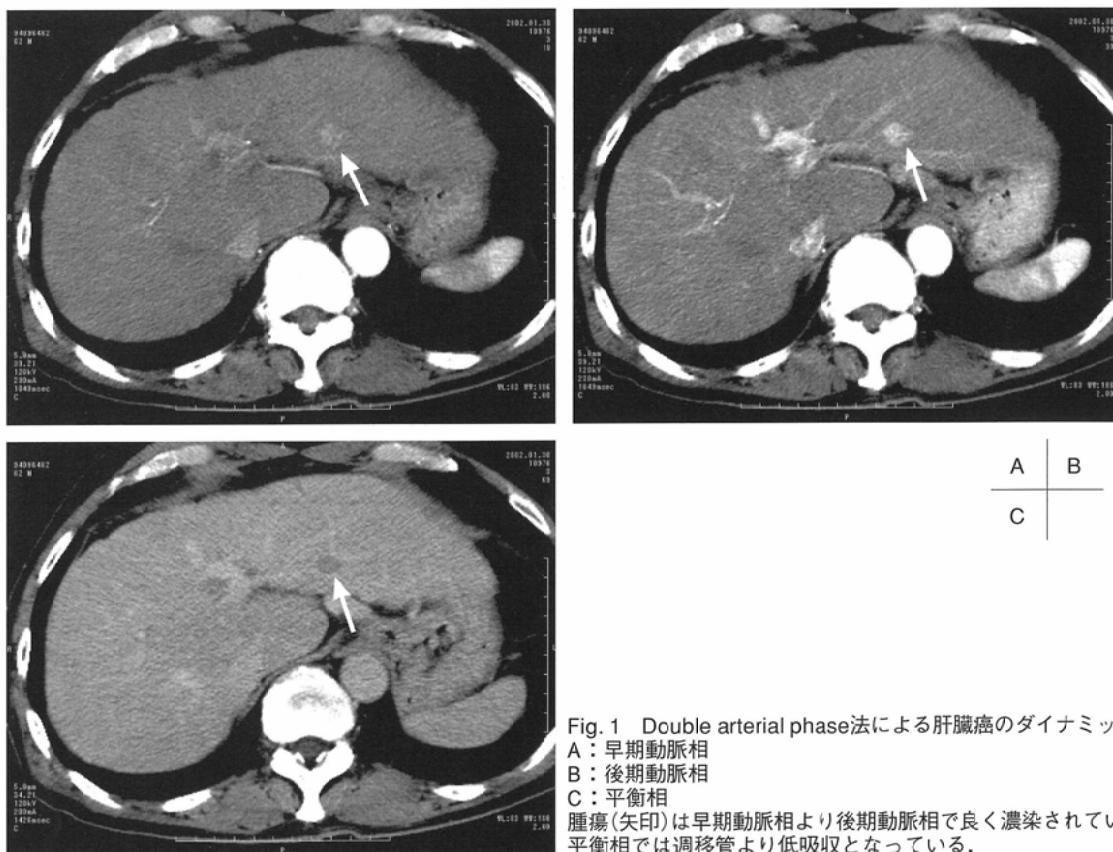


Fig. 1 Double arterial phase法による肝臓癌のダイナミックCT

A：早期動脈相

B：後期動脈相

C：平衡相

腫瘍(矢印)は早期動脈相より後期動脈相で良く濃染されている。

平衡相では門脈より低吸収となっている。

間は短く30秒以下であるが、シングルヘリカルCTでは一回の息止めでは全肝を撮像するには一回の撮像しかできなかった。さらに造影剤の到達時間は個人差があり、タイミングのずれが生じることもあった。しかし、マルチスライスCTでは一回の呼吸停止下で全肝を二回撮像が可能となり、肝細胞癌などの多血性の肝腫瘍には動脈相を二回(動脈早期相、動脈後期相)撮像し、患者の血行動態の差による動脈相のタイミングのずれを最小限にすることができるようになる(Fig. 1)。

造影剤の注入量、注入速度

造影剤の注入速度を上げると動脈の染まりのピーク値が上昇し、血管や実質臓器の造影時間は早まる一方、動脈や実質臓器のピークの時間は短くなる。そのため、高速な撮像が可能であるマルチスライスCTでは造影剤の注入速度を上げ、動脈相、門脈相を分離し、良好な画像を得ることができる。ただし、2ml/secまでは肝臓の染まりは増すが、それ以上速度を上げても実質の染まりは影響を受けないと報告もあり²⁾、肝実質の染まりは体重あたりの総ヨード量に規定される。そのため充分な肝の染まりを得るために、ある程度の造影剤の量が必要であり、理想的には300mgI/mlの造影剤の場合、2.0ml/kgが必要とされている³⁾。ただし、体が大きい患者では充分な量の造影剤の投与は実際の診療においては困難であり、その場合370mgIを使用することでより強い造影効果を得ることができる。

撮影のプロトコール

double arterial phaseのdynamic CTの100mlの造影剤を使用した場合のプロトコールを示した。実際には被爆の問題やfilm枚数を考慮するとこれらの相を全て撮像する必要はなく、それぞれの症例において必要な相を選択して撮像するべきである。例えば肝癌や多血性の転移性肝腫瘍の評価を行う患者では二相の動脈相および平衡相(必要に応じて門脈相)を撮像する。ただし、乏血性の転移性腫瘍や胆管細胞癌の場合は単純と肝実質相の撮影で充分である(Table 1)。

2. 腹部血管のCT angiography

マルチスライスCTによって診断に耐えうる血管系の画像化が可能である(Fig. 2)。CT angiographyを作成する場合には、より空間分解能の高い撮像が必要となり、造影剤の注入速度や、造影剤の量、slice厚やピッチの設定を考慮する必要がある。術前のmappingなど、動脈の評価を行う場合は、より動脈の造影効果が高くなるように造影剤の投与速度を上げ(3~5ml/min)、早期動脈相をピッチ6 detector rowを2.5mmで撮像する。撮像のタイミングについてはテスト撮影にて決定する。

また、肝硬変はじめ門脈圧亢進症の患者では門脈系の評価も重要であり、CT portographyの撮影は有用である(Fig. 3)。CT portographyでは門脈相の撮像が重要となり、周囲の肝実質が強く造影される前で、門脈が強く造影される時期の撮像が大事となる。また、門脈が充分造影されたため

Table 1

	動脈早期相、動脈後期相	肝実質相	平衡相
detector厚	2.5~3.75mm	2.5~3.75mm	3.75~5mm
再構成厚	5mm	5mm	5mm
ピッチ	6	3	3
造影剤注入速度	30秒		
Delay時間	25~30秒から1回の呼吸停止 下に2回続けて撮像	70秒	200秒

文献 1 より



Fig. 2 膵癌患者のCT angiography(MIP法)
CT angiographyによる上腸間膜動脈、脾動脈の狭窄が描出されている(矢印)。



Fig. 3 肝硬変患者のCT portography
胃静脈瘤(矢印)、胃腎シャント(矢頭)が描出されている。

Table 2

	動脈相	門脈相	平衡相
detector厚	2.5mm	2.5mm	2.5~3.75mm
再構成厚	5mm	5mm	5mm
ピッチ	6	3	3
造影剤注入速度	30秒で注入(4~5ml/sec)		
delay時間	25秒前後	50秒後	200秒

文献 1 より

には大量の造影剤投与量が必要であり、できれば150ml程度の造影剤を使用することが望ましい(Table 2)。

3. 血管造影下CT

血管造影に併用したCTにおける肝腫瘍の存在診断や部位診断の信頼性は高く、有用性は広く認められている。侵襲性も高いがHCCのTAE施行時に併用すると、血管造影ではtumor stainが不明瞭な病変でも、栄養血管を正確に評価可能である。

通常、門脈系を介して非腫瘍性の肝実質を造影するCTAP、肝腫瘍の栄養血管である肝動脈から造影剤を注入するCTHAが行われる。単独の場合、偽病変の場合も多く両方を組み合わ

せることにより病変の血行動態を正確に評価できる。CTAPおよびCTAを組み合わせると精度は高く、より小さなsizeの病変が指摘できるようになってきた。しかし、sizeの小さな病変はpartial volume effectの影響も大きくsingle helical CTでは時間分解能の限界もあり、一呼吸で全肝を撮像する事は可能であるが、薄いsliceでの撮像には限界があった。マルチスライスCTによるCTAP、CTAではより薄いslice厚で撮像可能となりpartial volumeの影響もより少なくなる(Fig. 4)。

撮影のプロトコール

腫瘍の血流动態の評価が目的となるため、CTAP、CTAを連続して撮像する場合動脈血流の影響を受ける前にCTAPを

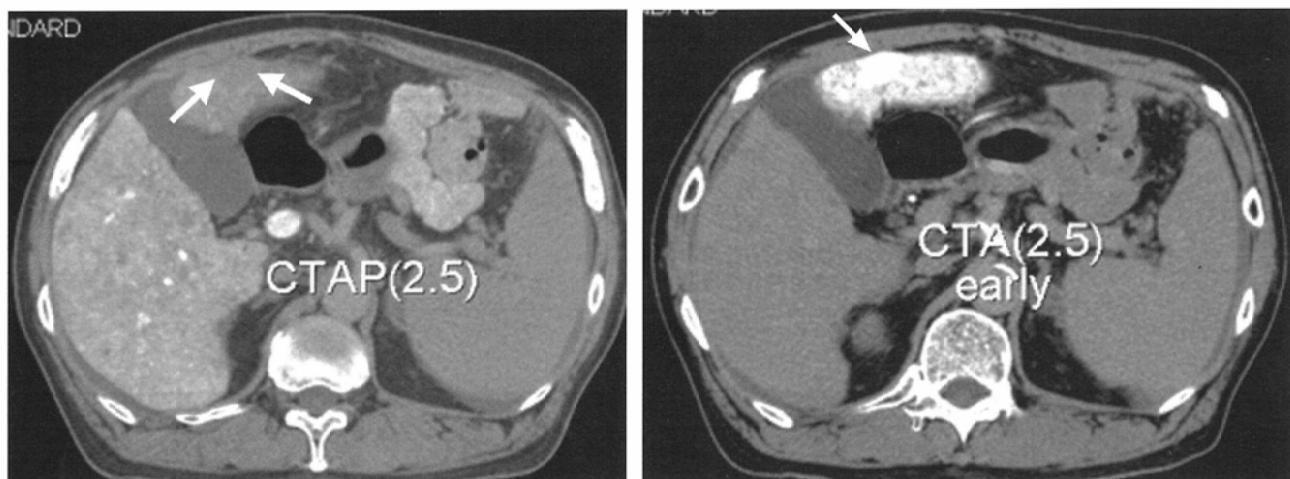


Fig. 4 マルチスライスCTによるCTAとCTAP
マルチスライスCTによって薄いスライスで撮像可能であり、病変の検出能があがる(矢印)。

A B

Table 3

	CTAP	CTA(1相目)	CTA(2相目)
detector厚	3.75mm	3.75mm	3.75mm
再構成厚	5mm	5mm	5mm
ピッチ	3	3	3
造影剤注入速度	3ml/sec	2ml/sec	
delay時間	25秒前後	5秒前後	

撮像する必要があり、順番的にはCTAPを先に撮像する。

CTAP

まず、カテーテル先端を上腸間膜動脈まで挿入後、肝臓への分布する動脈がないことを確認後に150の造影剤60mlを3ml/secで投与し、約24秒後に撮像開始。カテーテルの先端は脾動脈でも良いが、肝硬変がある患者では脾静脈からの短絡路がある場合も多く、通常上腸間膜動脈にカーテを留置後撮像している。

CTHA

CTHAは目的の血管にカーテ先端を留置後、例えばHCCに対するTAE施行時の場合、脾動脈からの門脈血流を避けるため総肝動脈にカーテ先端を留置している。また、CTHAは偽陽性率も高いため、第2相目を撮像することで病変の血行動態を評価でき、鑑別の助けになる。造影剤150mg/Iの造影剤60mlを3ml/secで投与し、約5秒後に撮像開始。第2相目は第1相目撮像後より15秒後から撮像を開始している(Table 3)。

4. 脾臓

脾臓や胆道系の病変は一般に微小な病変が多く、また、周囲の臓器や血管との関係が複雑であるために、より高い空間分解能が必要とされる。そのため、マルチスライスCTでの造影のdynamic CTはより速い時間に薄いsliceで撮像



Fig. 5 脾癌のダイナミックCT
脾内に小さな癌を認める(矢印)。尾部の脾管は一部拡張している。

可能であり、空間分解能の高さから脾や胆管の微小な腫瘍疾患の診断においても非常に有用である(Fig. 5)。

脾は比較的血流に富んだ臓器であり、脾のdynamic CTは肝のdynamic CTとはまた異なったプロトコールの設定が必要となる。主に周囲の動脈の評価やislet cell tumor等の多血性腫瘍の評価を目的とする動脈相、次に脾実質が最も造影される脾実質相の撮像となる。次いで肝転移や静脈への浸潤をみるのに重要な肝実質相の撮像となる。動脈相ではthin sliceでの撮像が可能となりCT angiographyを作成すること

Table 4

	動脈相	脾実質相	肝実質相
detector厚	1.25～2.5mm	1.25～2.5mm	2.5～3.75mm
再構成厚	2.5mm	2.5mm	5mm
ピッチ	3～6	3	3
造影剤注入速度	30秒で注入(3～5ml/sec)		
delay時間	20～25秒後		

文献 1 より

もでき、術前の血管の評価に有用である。また、脾実質相では乏血性腫瘍の脾癌と正常脾実質とのコントラストが最も高い時期であり病変の描出に有用で、また、周囲の門脈系の血管も強く造影されるため病変の進展範囲の評価にも重要となる。MPR像を作成することにより周囲の臓器や血管との関係や進展の範囲の評価に有用である。

脾の実質の染まりは一般に造影剤の量および注入速度に依存する。造影剤の注入量を挙げれば実質の染まりも強くなり、実質相の時間も長くなる。また、注入速度を挙げれば実質の染まりは強くなる。ただし、注入速度を挙げればピークの持続時間は短くなる。この点、マルチスライスCTでは短い時間に撮像可能であるため、高速の注入速度でも適切な時間に脾臓全体の撮像が可能となった。

撮影のプロトコール

脾疾患においても多相性のdynamic CTは被爆、画像枚数といった問題があり、それぞれの適応に応じて撮像プロトコールを設定する必要がある。例えば手術適応の有無を決定するような早期の脾腫瘍のCTであれば動脈相、脾実質相、肝実質相の多相性のdynamic CTも有用と思われるが、脾炎疑いの症例や腫瘍性疾患でも手術の適応がなく、経過観察中の症例であれば、脾実質相および肝実質相の撮像でも充分であると思われる(Table 4)。

II. 胸部

1. 胸部のルーチンの造影CT

胸部の造影CTで、肺癌の病期診断やリンパ節の腫脹の評価を行う場合では実質臓器の染まりよりは病変と血管のコントラストが重要である。マルチスライスCTではより早く広範に撮像できるため、造影剤の量を低減することが可能である。ただし、少量の造影剤を用いた場合には上腕静脈や腕頭静脈に多量の造影剤が残存することが問題となる。この問題は希釈したり、生理食塩水でフラッシュすることである程度改善される。生理食塩水でフラッシュする場合、自動注入器があれば簡単に行えるが、自動注入器がない場合は造影剤と生理食塩水を別々に吸引し、分離すること同等の結果を得ることができる。また、造影剤低減した場合、300mgIを使用した場合と比較し、150mgIに希釈したり、フラッシュした方がより血管の造影効果が良好であ

り、フラッシュした方がアーチファクトもより少ない。このように造影剤の投与方法を工夫することで、少ない造影剤の量で良好な画像を得ることができる。

撮像のプロトコール

Table 5

detector厚	5mm
再構成厚	5mm
ピッチ	3
造影剤注入速度	2ml/秒(総量75 ml)
delay時間	30秒後

文献 1 より

2. 肺動脈血栓症の診断

また、肺動脈血栓症の診断においては造影CTは肺血流シンチと共に信頼度の高い検査となってきている。マルチスライスCTではより薄いsliceで早い速度で、広範囲にとれるため、肺動脈と病変部のコントラストが高いうちに撮像でき、partial volume effect減少した(Fig. 6)。そのためより末梢側の塞栓を診断可能となってきた。また、肺動脈血栓症の90%以上の原因であるといわれている下腹部～下肢の撮像を追加することで深部静脈血栓症の診断も同時に診断可能であり、非常に有用である。ただし、この場合は深部静脈への造影剤の染まりが必要であり、造影剤の投与がある程度必要となる。

撮像のプロトコール

肺動脈の末梢側の塞栓まで診断するには、できるだけ薄いsliceでの撮像が必要であり、3mm以下の撮像が好ましい。また、造影剤の投与については、2～5mm/secでの投与と様々な報告があるが、高い注入速度の方が画質は良い。マルチスライスCTでの時間分解能を生かすためには高速度の注入が好ましいが、あまり高濃度であるとアーチファクトの原因となる。Delay時間に関しては正常の心機能であれば12～15秒後が適当であり、右心機能の低下があれば15～18秒後が適当となる。

深部静脈血栓症の診断まで行う場合はその後に下腹部～下肢の撮像を追加する。一般には造影剤投与後2～3分後に静脈の造影のピークがあり、3分～4分後までは均一な造影効果が認められる。(造影剤投与または、肺動脈と大動脈の造影のピーク時間の差(肺動脈のピークは約10秒後、大動脈

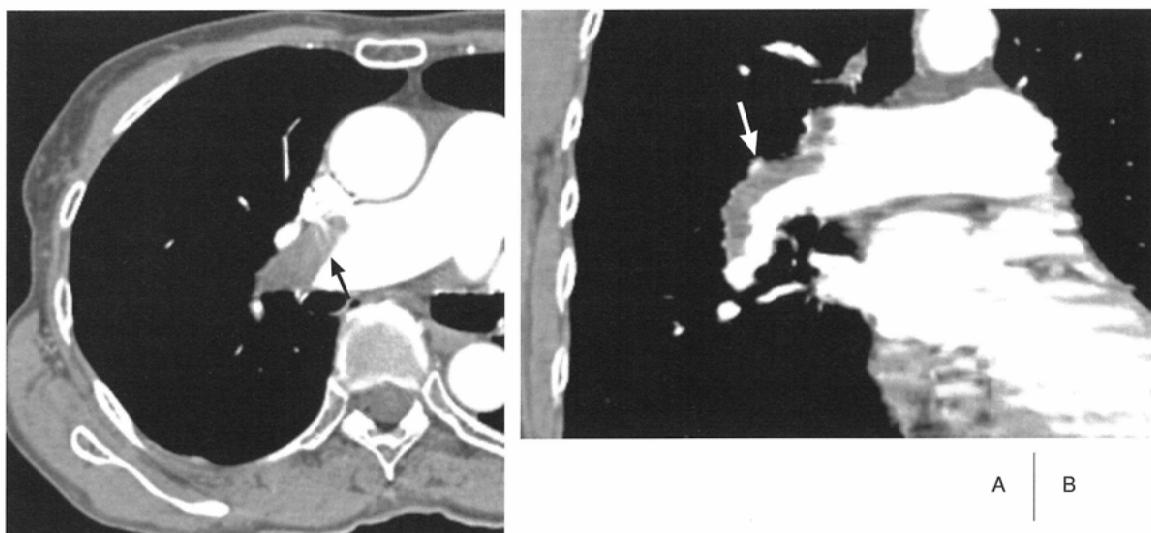


Fig. 6 肺動脈塞栓症

A : ダイナミックCT横断像

B : MPR画像

肺動脈本幹から右下幹に塞栓を認める(矢印)。

のピークは22秒後)を利用して、選択的な肺動脈造影を行う報告もある(Table 6)。

III. 大血管のCT angiography

ヘリカルCTの登場によりCT angiographyが撮像されるようになり、様々な血管に応用されているが、従来のシングルヘリカルCTでは時間分解能、空間分解能に限界があり、充分な画像が得られないこともあった。マルチスライスCTの登場により広範囲に高分解能の3D-CT angiographyが撮像可能となった(Fig. 7)。

造影剤を用いてCT angiographyを撮像する場合、血管が最大の造影効果を示すタイミングで撮像する必要がある。マルチスライスCTでは撮像時間が短くて済むため患者個々のタイミングにあわせた撮像が必要となる。そのための適切なタイミングの設定法には2通りある。一つ目の方法は横断上にROIを設定し、少量の造影剤で血管に造影剤が流入してくるタイミングを検討し、撮像のタイミングを設定するテスト造影法である。もう一つは造影剤を注入しながら造影剤の流入をモニターで確認した後、本撮像を開始する方法である。

動脈の造影効果は注入速度と体重に依存すると考えられており、注入速度は速い方が造影のピークも高くなり、血管と周囲のコントラストは高くなる。ただし、その分ピークの持続時間も短くなる。一般に造影剤の投与時間と撮像時間を一致させる必要があり、撮像範囲に合せて注入速度や造影剤の注入量を考慮する必要がある。

CT angiographyは呼吸停止が必要な胸腹部の大血管領域においては非常に有用性が高く、広範囲の撮像が可能となり転幹部から下肢の撮像も可能である。また、心電図同期システムを併用することにより、心拍動のartifactの低減も

Table 6

	肺動脈	下腹部～下肢
detector厚	2.5mm	3.75mm
再構成厚	2.5mm	5mm
ピッチ	3~6	3~6
造影剤注入速度	4~5ml/sec	
delay時間	12~15秒後	2分~3分後

文献 1より

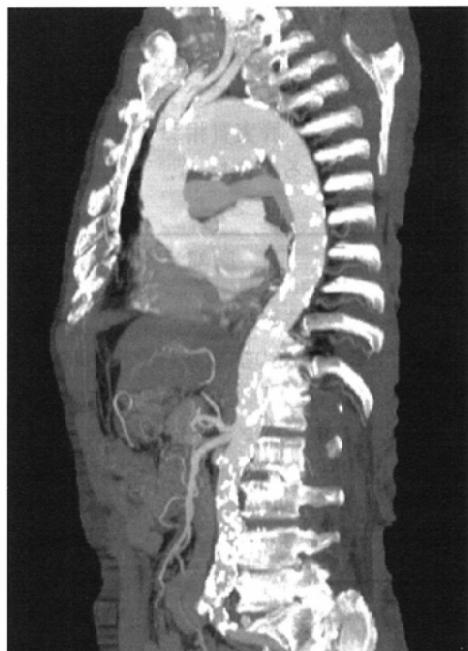


Fig. 7 胸部大動脈瘤患者のCT angiography (MIP法)
CT angiographyによって広い範囲の動脈像が得られる。大動脈弓部に動脈瘤が見られる(矢印)。

可能となってきた。3D-CTAは大動脈瘤や大動脈解離の治療法の決定として使用されることが多いが、大動脈瘤においては動脈瘤の大きさや範囲、分枝動脈との位置関係の把握が重要となり、大動脈解離においても解離の範囲やentryやreentryの同定、分枝動脈の分岐部の確認が重要な情報となる。これらのマルチスライスCTによる3D-CTAでは胸腹部の広範囲の撮像が可能になっただけでなく、空間分解能を上げることによって術前の情報として有用なAdamkiewiczの描出も可能となった。

胸腹部大動脈のCT angiographyのプロトコール

通常、胸腹部大動脈のCT angiographyでは呼吸停止下に腹部まで含めた、広い撮像範囲の撮像が必要であるため、

Table 7	
detector厚	2.5mm
再構成厚	2.5mm
ピッチ	6
造影剤注入速度	4ml/sec
delay時間	Test造影(or 18-22秒)

文献 1より

2.5mm スライス厚、ピッチ 6(15mm/rot)で撮像している。この方法により一回の呼吸停止で30cm以上の広い範囲をカバーできる。局所を詳細に観察したい場合は特定の部位を拡大することで十分に分解能の高い画像が得られる(Table 7)。

文 献

- 1) 山下康行：マルチスライスCTにおける造影剤使用法. 山下康行編著 64-67, 2001, 中外医学社
- 2) Heiken JP, Bae KT. Liver: CT contrast-enhancement technique. In: Balfe DM, Levine MS, ed. Categorical course in diagnostic radiology: gastrointestinal. Oak Brook: RSNA Publications,

163-170, 1997

- 3) Y Yamashita, Y Komohara, M Takahashi, M Uchida, N Hayabuchi, T Shimizu, and I Narabayashi. Abdominal helical CT: evaluation of optimal doses of intravenous contrast material? a prospective randomized study. Radiology 216: 718-723, 2000