

当院における肺腫瘍および 縦隔腫瘍術前 CT Angiography の現状

赤川 拓也¹⁾ 福井 義治¹⁾ 伊勢 啓助¹⁾ 倉田 直樹²⁾ 谷 勇人²⁾

1) 徳島赤十字病院 放射線科部

2) 徳島赤十字病院 放射線科

要 旨

近年、CT 装置の急激な進歩による検出器の多列化と、X 線管球回転速度の高速化に伴い、短時間に高精細な Volume data の取得が可能となってきた。また Volume data を処理するワークステーションの進歩により、三次元画像が臨床現場でも積極的に利用されており、特に CT Angiography (CT-A) の分野では検査目的に応じた様々な撮影方法が検討されている。

肺の動静脈や気管支は各区域別に分布しているがバリエーションも多く、時には隣接する肺葉を超えて分岐する異常構造が認められることがある。

そこで、術前に肺動静脈や気管支の走行を、非侵襲的な検査である CT-A にてある程度把握することは、迅速かつ安全な手術を行う上で重要であると考えます。

当院でも、2009年01月～2010年10月までに、約60例の肺腫瘍および縦隔腫瘍術前 CT-A を実施してきた。今回当院での現状及び改善点をまとめたので紹介する。

キーワード：X 線管球回転速度、ワークステーション、三次元画像、CT-A

はじめに

1990年代後半、Multi detector row CT 以下(MDCT)の登場により、CT 装置は急速に進歩してきた。体軸方向への検出器の多列化、X 線管球回転速度の高速化に伴い、広範囲を非常に短時間で撮影が可能となった。撮影時間の短縮により、造影効果の高いタイミングを狙った撮影が可能となり、CT-Angiography(以下CT-A)の分野でも様々な撮影方法が検討されている。

また、コンピュータ技術の進歩により、ワークステーションによる画像処理技術も発展し、MDCTで撮影した高精細な Volume data を三次元画像等に処理、またはCT値を解析するなど応用が進んでいる。

近年、内視鏡を使用した外科的手術は患者の負担が少なく、入院期間も短くできるなどのメリットが多いため積極的に行われており、当院でも胸腔鏡下による肺葉切除術、縦隔腫瘍摘出術が行われている。

そこで、術前に肺動静脈や気管支の走行を、非侵襲的な検査である CT-A にてある程度把握することは、

迅速かつ安全な手術を行う上で重要である^{1)~4)}。

当院でも、2009年01月～2010年10月までに、約60例の肺腫瘍および縦隔腫瘍術前 CT-A を実施してきた。今回当院での現状及び今後の展開をまとめたので紹介する。

使用機器等

CT 装置：SOMATOM Sensation Cardiac 64 (シーメンス社製)

注入器：Dual Shot Type-D (根本杏林堂社製)

ワークステーション：ZIOSTATION ver1.21a (ザイオソフト社製)

肺腫瘍および縦隔腫瘍術前 3 D-CTA の検査の流れ

・前処置

検査時の前処置は、原則絶食にしており、また撮影中の呼吸停止を確実にできる様に、酸素マスクを検査終了まで装着する。

・撮影

撮影条件を表1に示す。初めに位置決め撮影を行い、続いて転移の有無のチェックも兼ねるため、単純CTを胸部から骨盤部にかけて撮影する。

続いて造影剤を使用する撮影になる。基本的な造影剤注入条件と撮影タイミング等を次に示す。20Gの留置針を原則右肘部に留置、イオパミドール370の造影剤を体重に応じて、注入量40~50ml、注入速度4.0~5.0ml/secで注入する。造影剤注入時間は10秒固定とし、さらに生理食塩水40mlを同じ注入速度で後押しを行う。

肺動脈相は、1回呼吸停止下で肺尖部~肺底部までを2相撮影を行う。撮影時間は1相6秒になるようにピッチファクターを調整する。撮影開始は撮影開始時間固定法を使用し、造影剤注入開始から7秒後に肺動脈相を頭尾方向から撮影する。続いて、最短撮影時間間隔4秒後に折り返し肺静脈相を尾頭方向から撮影する(図1)。

最後に転移の有無のチェックのために、残りの造影剤を体重に応じて40~50mlと生理食塩水20mlを造影剤注入開始から60sec後に2.0ml/secで再度注入開始し、最初の造影剤注入開始より100秒後に、再度胸部から骨盤部までの撮影も行っている。

画像処理について

画像処理は、VR (Volume Rendering) の画像を提供している。VR画像は主として、骨・肺動脈・肺静脈・大動脈・気管支・肺・上大静脈・腫瘍などの位置関係を把握しやすいように、それぞれ色分けし、重ね

た画像を提供している。

①肺腫瘍の例

肺動脈相で、骨・肺動脈・肺・気管支をそれぞれ抽出し(図2)、肺静脈相で、肺静脈・大動脈・腫瘍を抽出し(図3)、最終的にフュージョン(重ね合わせた)画像を表示する(図4)。

画像を作成する際の注意点は、観察者が肺動脈相の走行を確認しやすいように、手術予定の片肺のみを抽出し(図5)、水平方向と垂直方向に回転した画像を作成している。

②縦隔腫瘍の例

基本的に肺腫瘍で作成する画像と同じだが、肺動脈相で上大静脈を追加で抽出しており(図6)、フュージョン(重ね合わせた)画像を表示する(図7)。

画像作成の際は全体像が観察しやすいように配慮している。

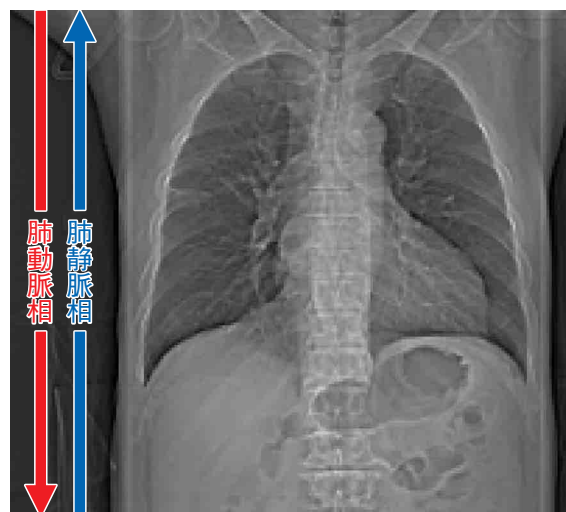
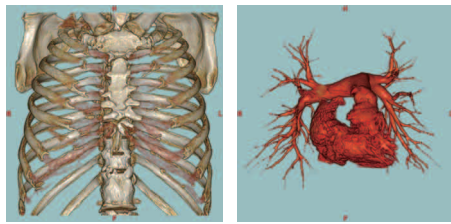


図1 肺動脈相と肺静脈相の撮影方向

表1 撮影条件

	単純・造影後期相 (胸腹骨盤部)	肺動脈・肺静脈相 (胸部)
ディテクタ構成	0.6×32	0.6×32
管電圧 (kV)	120	120
CT-AEC (CARE Dose 4 D)	ON	ON
管電流 (Ref. mAs)	200	150
Pitch ファクター	1.1	0.9~1.3
ローテーションタイム (sec/rot)	0.5	0.33
撮影方向	頭尾方向	肺動脈相 頭尾 肺静脈相 尾頭
撮影時間 (sec)		6



a. 骨 b. 肺動脈
c. 肺 d. 気管支
図2 肺動脈相から抽出した画像

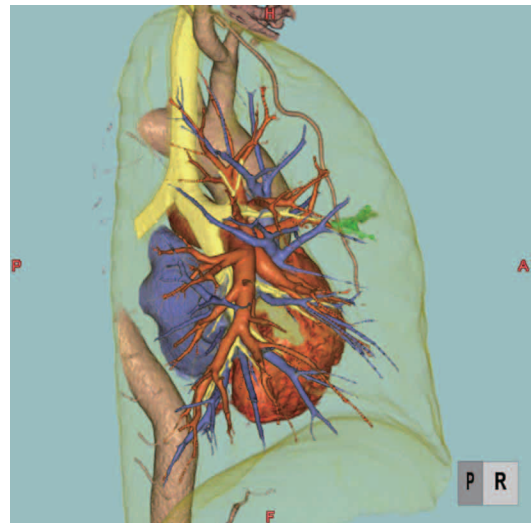
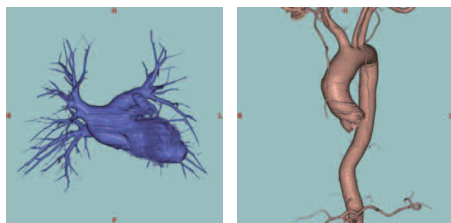


図5 片肺のみ抽出した画像



a. 肺静脈 b. 大動脈
c. 腫瘍

図3 肺静脈相から抽出した画像

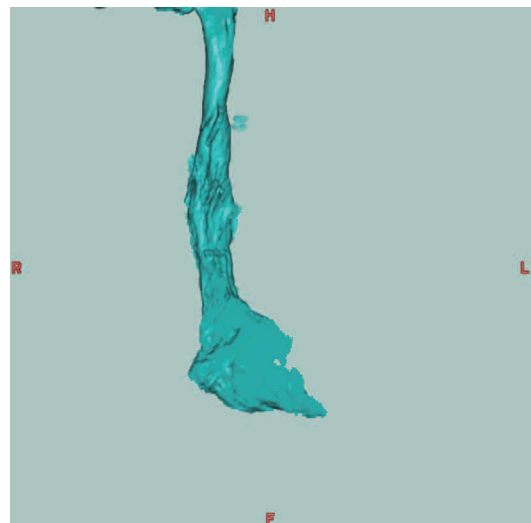


図6 上大静脈を抽出した画像

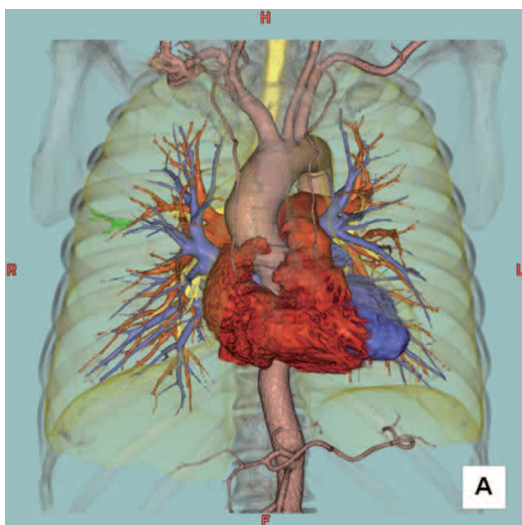


図4 肺腫瘍のフュージョン画像

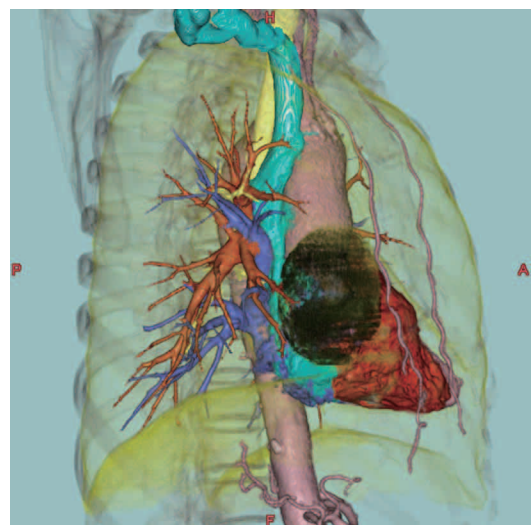


図7 縦隔腫瘍のフュージョン画像

考 察

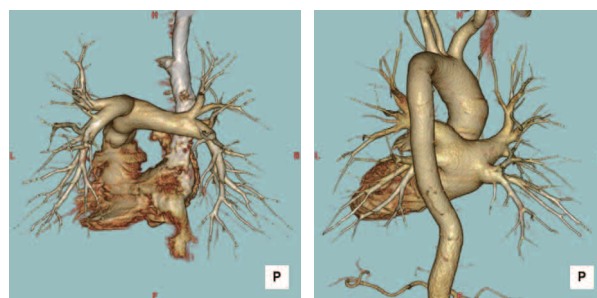
当院での肺腫瘍および縦隔腫瘍術前 CT-A の最大の特徴は、3D 画像での肺動脈と肺静脈を色分けして作成している点である。3D 画像で色を分けて表示する時は、色を分ける物同士をワークステーション上で分離しなければならない。通常の胸部 CT-A 撮影で造影剤を注入中に撮影すると、肺動脈と肺静脈はほぼ等しい造影剤濃度になってしまい(図8)、3D 作成の際、肺動脈と肺静脈を分離するのに多大な労力と時間を費やしてしまう。また複雑な血管走行の際、誤った3D 画像を作成する可能性がある。このような理由から、撮影段階で肺動脈と肺静脈を分離する必要がある(図9)。当院では現在、造影剤注入開始7秒後から撮影を開始する、撮影開始時間固定法で撮影を行っている。非常に簡易な撮影法であり、撮影開始時間、造影剤と生理食塩水の注入速度と注入時間、撮影時間の調整等を行わなくてよいので、誰が撮影しても同程度の結果が得られるのが特徴である。しかし、撮影開始時間固定法は簡易である反面、個々の患者の循環動態に最適な時相での撮影タイミングではないので、最適なタイミングで撮影できなかった場合、3D 作成に時間がかかる。

例えば、撮影開始が結果的に遅かった場合(肺動脈に造影剤が到達するのが早い場合)、肺動脈相で肺動脈と肺静脈を分離するのに時間を要するが描出は可能である。しかし、撮影開始が結果的に早かった場合(肺動脈に造影剤が到達するのが遅い場合)、肺動脈相を頭尾方向から撮影を行うので、上葉動脈の造影剤濃度が非常に薄く、描出が困難な例があった(図10)。このようなことから、腫瘍が上葉にある場合は肺動脈相を尾頭方向から撮影し、腫瘍が下葉にある場合、肺動脈相を頭尾方向から撮影することによって、腫瘍周囲の血管走行をより確実に描出することが可能であると考える。ただし尾頭方向から撮影する時、一回の呼吸停止下で肺動脈相と肺静脈相を撮影するので、呼吸停止が不確実な患者の場合は横隔膜の位置ズレが(図11)のように大きくなる可能性があり、画像作成に影響がでてくるので注意しておかなければいけない。

また、個々の患者の循環動態に最適なタイミングで撮影する方法としては、Test bolus injection があげられる。この方法は造影撮影を行う前に、少量の造影剤を注入し、予め造影剤の到達時間を計測する方法であ



図8 肺動静脈の造影剤濃度が等しい画像



a. 肺動脈相

b. 肺静脈相

図9 肺動静脈の分離撮影が成功し、骨除去のみで抽出可能な例

る。Test bolus injection を使用することで確実なタイミングで撮影が可能である。ただし、撮影開始時間、造影剤と生理食塩水の注入速度と注入時間、撮影時間を患者毎に設定しなければいけないので手技が複雑になるが、今後検討し導入する予定である。

造影剤はヨードを多く含んでいるため、ヨードのk吸収端(33keV)に管電圧の実効エネルギーが近づくにつれてX線吸収が大きくなる。この事から、低電圧を使用して撮影すれば造影剤注入速度を遅くしても3D画像を作成することが可能である⁵⁾。少しでも患者の負担を減らす為にも、低電圧撮影と画質の関係は検討する必要がある。

現在出来るだけ短時間で撮影できるように、ローテーションタイムを最速の0.33sec/rot に設定している。撮影時間は短くなるが、Scan FOV の中心から端にいく程分解能が低くなるので⁶⁾、肺動静脈の末梢になればなるほど、描出が悪くなっていると考えられる。よって、ローテーションタイムとピッチファクターの最適な組み合わせを患者毎に設定する必要がある。また、撮影時間を6秒に設定しているが、造影剤注入

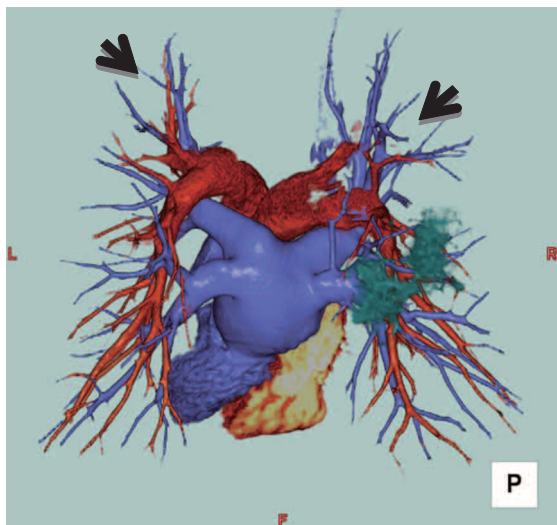


図10 上葉動脈の造影剤濃度が薄く描出困難な例 (矢印)

直後の肺動静脈は、造影剤の濃度変化が急激な部位でもあるため、更なる短時間撮影が望まれる。最新のCT装置は画質を犠牲にすることなく、約1秒程度で胸部を撮影可能なので、早期導入が望まれる。

おわりに

CT-Aにて術前に動脈や静脈の走行や起始異常の有無、また臓器、腫瘍等との位置関係を把握しておく事は重要である。外科医の意見として、3D画像の肺動脈と肺静脈を色分けしているのが非常に分かりやすいとのことである。また術前に解剖を把握できるのは安心感があり、手術時の確認作業を少なくし時間短縮にも繋がるため、術者が感じるストレスは軽減されるようである。また、血管等の損傷を起こすのを防ぐのにも役立っていると考えられる。

また当初、肺動静脈の分離撮影をしていなかった時は、3D画像作成に多大な時間と労力を費やしていたが、現在は作成者の個々の技量にもよるが肺動静脈の分離撮影によって、20分～60分で3D画像作成が可能となり、非常に効率よく正確な画像を提供できるようになった。

現在の当院における肺腫瘍および縦隔腫瘍術前CT-Aの現状について紹介したが、今後より正確に、情報量の多い画像を提供できるようにするには、撮影条件、撮影タイミングや造影剤の注入方法等のさらなる検討が必要である。また装置による限界もあるので、最新のCT装置の導入が望まれる。

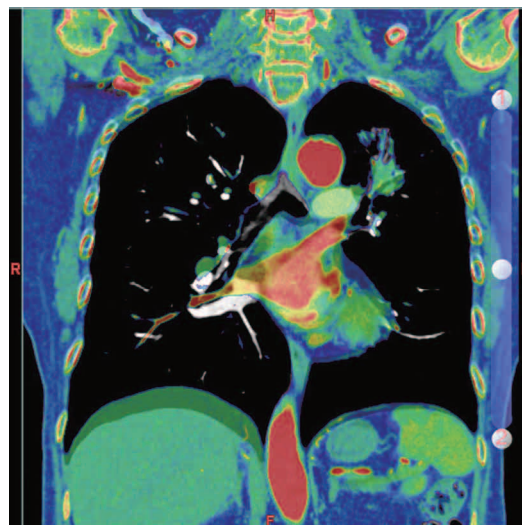


図11 肺動脈相と肺静脈相の位置ズレ

文 献

- 1) Hu Y, Malthaner RA: The feasibility of three-dimensional displays of the thorax for preoperative planning in the surgical treatment of lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg* 31: 506–511, 2007
- 2) Akiba T, Marushima H, Harada J et al: Importance of preoperative imaging with 64-row three-dimensional multidetector computed tomography for safer video-assisted thoracic surgery in lung cancer. *Surg Today* 39: 844–847, 2009
- 3) Shiono H, Inoue A, Tomiyama N et al: Safer video-assisted thoracoscopic thymectomy after location of thymic veins with multidetector computed tomography. *Surg Endosc* 20: 1419–1422, 2006
- 4) Fukuhara K, Akashi A, Nakane S et al: Preoperative assessment of the pulmonary artery by three-dimensional computed tomography before video-assisted thoracic surgery lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 34: 875–877, 2008
- 5) Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT et al: Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose. *Radiology* 231: 169–174, 2004

Current Status of Computed Tomography Angiography before Pulmonary Tumor and Mediastinal Tumor Surgery at Our Hospital

Takuya AKAGAWA¹⁾, Yoshiharu FUKUI¹⁾, Keisuke ISE¹⁾, Naoki KURATA²⁾, Hayato TANI²⁾

1) Radiologist, Tokushima Red Cross Hospital

2) Division of Radiology, Tokushima Red Cross Hospital

Recently, decreasing the time of high resolution volume data acquisition has become possible because of the development of multidetectors and use of high-speed rotation due to the advancements in computed tomography (CT) devices.

A three-dimensional image is frequently used on a clinical site because of the advancement in the workstation that processes volume data, and moreover, because various techniques are investigated in the field of CT angiography (CT-A) corresponding to the examination purpose.

There are many variations in pulmonary vessels and bronchi, and unusual structure where pulmonary vessels or bronchi bifurcate to the lobe that is adjacent at times might be noted.

Preoperative approximate determination of the anatomical relationship of the pulmonary vessels and bronchi around the tumor using CT-A, a noninvasive test, is very useful in ensuring rapid and safe surgery.

In addition, at our hospital, CT-A before pulmonary tumor and mediastinal tumor surgery was performed on about 60 cases between January 2009 and October 2010.

We present the current status of this technique at our hospital and the expected development in the future.

Key words: rotation time, workstations, three-dimensional image, preoperative CT-A

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 16 : 133–138, 2011
