

肺動脈・深部静脈のMDCT

吉村 宣彦

要 旨：MDCTは肺塞栓症を疑った場合、第一選択の検査である。CT venographyは静脈血栓塞栓症の診断において感度を上昇させるが、放射線被曝の観点から、ルーチンに行う検査としてのコンセンサスは得られていない。今後の検討が必要である。 (J Jpn Coll Angiol, 2009, 49: 543-546)

Key words: PE, DVT, CTA, CTV

はじめに

肺血栓塞栓症(pulmonary thromboembolism: PE)は適切な治療を行えば生存率を向上させることが可能であるが、致死的になる疾患でもある。PEは深部静脈血栓症と深い関連があり、90%以上が下肢の深部静脈血栓(deep vein thrombosis: DVT)が塞栓源とされるため¹⁾、最近ではPE・DVTを静脈血栓塞栓症と総称している。

PEの検査法としてシンチグラフィが行われていたが、single detectorの時代からCT pulmonary angiography(CTPA)の有用性が報告されていた²⁾。その後multi-detector row CT(MDCT)により、CTが急性のPE(acute PE)に対しての第一選択の診断法として確立された³⁻⁵⁾。一方、静脈血栓を評価する非侵襲、ないし低侵襲的検査法としては、超音波検査、MRI、CTが挙げられる。超音波検査は、その簡便性と非侵襲性から、静脈血栓症を疑われた場合、第一選択の検査である。CT venographyはsingle helicalによるCT venographyでは、膝窩静脈までを対象としていたが、下腿に限局する静脈血栓症も存在することが報告されている^{6, 7)}。MDCTは短時間で広範囲の撮像が可能であり、PEの検索において有用であるばかりか、下腿を含めたcomplete CT venographyとPEの同時検索が可能になり、静脈血栓塞栓症の進展範囲が、一度の検査によって把握することができるようになった。

本稿では、肺動脈・深部静脈のMDCTについて述べたい。

肺動脈のMDCT

肺動脈の代表的疾患には原発性肺高血圧症、PEがあり、その他高安静脈炎などの血管疾患としての肺病変もある。今回は、PEに限定し、かつacute PEを中心に述べたい。

肺動脈のCTでは、単純CTで血栓が高濃度に描出される場合があるが(Fig. 1)、造影検査が基本となる。造影剤の注入方法として重要な要素は、注入速度と持続時間である。急速注入が必要であり、欧米の文献では300mgI/mlの造影剤で秒間 4mlから 5mlの報告が多い。日本人との体格差を考慮しても、ダイナミック撮像に準じた注入速度が必要である。注入持続時間は機種によって変わるが、良い造影効果を持続するためには、注入終了と撮像終了との間隔が長くないことが望ましい。注入血管は可能な限り肘静脈とし、原則として留置針が推奨である。静脈確保の位置が悪く、cephalic vein側に多く流れる場合は、肺動脈の造影が不良になる場合があるためである。

もう一つの重要な要素として撮像開始時間がある。開始を固定する場合には、15秒から25秒前後とする報告が多い。造影剤をモニターし開始する方法では、閾値の設定が重要である。我々の施設では64列のMDCTが導入されており、肺動脈幹に関心領域を設定し、閾値は250HU、閾値到達10秒後に撮像を開始している。閾値が低いと肺動脈の造影が十分でない場合がある。

PEを診断するにはthin-sliceが必要であり、可能であれば

1mm(ないし1.25mm)スライスが望ましい。Thin sliceでは、矢状断、冠状断の再構成が適宜可能となり、診断に有用となる。肺動脈内の陰影欠損を認めた場合PEと診断するが、中枢性の病変の場合には腫瘍との鑑別も必要である。Pitfallとしては、リンパ節との鑑別、不適切なwindow設定による血栓の見落としがあげられる(**Fig. 2**)。

慢性のPE(chronic PE: CPE)では、血管の途絶、先細り、内膜不整、索状血栓が所見である。間接所見としては、肺高血圧の所見としての肺動脈幹の拡張、気管支動脈の拡張、肺野の濃度が不均一となるモザイクパターンがある。

PEの重症度は心エコー検査にて右室負荷を評価することで行なわれるが、CTにて予後予測を試みが行なわれている。右室と左室の径の比と、塞栓されている肺動脈区域枝の数を閉塞か部分閉塞かに分けて重みづけをして評価するobstruction indexとが予後評価の予測因子になりうるとする報告があるが⁸⁾、少なくともobstruction indexについては結論が得られていない⁹⁾。

深部静脈血栓症の診断におけるCT

下肢静脈エコー検査は禁忌症例がないといってよく、その非侵襲性(放射線被曝がない、造影剤が不必要)から、DVTを疑った場合大腿・下腿静脈領域では第1選択である⁷⁾。CT venographyは、肺塞栓症を疑った場合に胸部との同時検索で行われる場合が多い。また、腸骨静脈や下大静脈の検索が必要な場合、CT venographyが行われる。

検査法

体位は背臥位で、下腿の静脈を十分造影するために、特に筋静脈が圧迫されないように踵の下に枕などを置く。また、体動がありそうな場合は、必要に応じて下肢を固定する。

造影剤量の決定では、CT venographyにおける静脈内腔の造影効果が、総投与ヨード量に依存することを考慮する必要がある。当施設では、通常370mgI/mlを100ml使用している。体重の重い症例では、造影剤の増量を検討する必要がある。ただし、PE合併例などでは、全身状態を十分考慮して造影剤投与量を慎重に検討する必要がある。

下肢静脈の撮像開始は、造影剤注入後3分30秒から4分後より頭側から尾側に撮像する¹⁰⁾。下大静脈filter留置を検討する際は、腹部の撮像も行う。呼吸停止は、腹部・骨盤部を撮像するときのみ行っている。最近の報告では、膝窩静脈までの検索において、7.5mm厚スライ

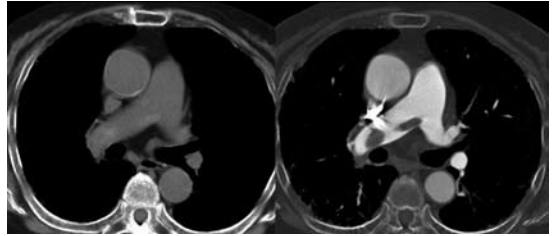


Figure 1 High attenuation at the pulmonary trunk and right main pulmonary artery in a pre-contrast image. It corresponds to a filling defect on a post-contrast image.

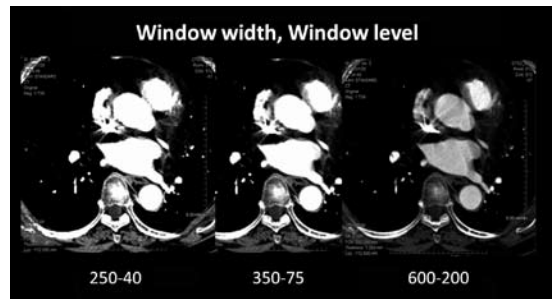


Figure 2 A mural thrombus at the right intermediate pulmonary trunk.

A mural thrombus can be observed by changing window width and window value.

スのCTVと超音波検査の一致率が95.5%であった¹¹⁾。肺動脈との同時検索において、下腿を含めるか否かについては、これまでのところコンセンサスは得られていないが、最近では筋静脈内の血栓が肺塞栓の原因として注目されており¹²⁾、今後の検討が必要である。

静脈血栓の病態

静脈血栓はその成因により、炎症を基盤とする血栓性静脈炎と、血液のうっ滞や凝固異常が先行する静脈血栓症とに理論上区別している。後者では血栓が剥離し、PEを合併する危険性が高いといわれている(**Fig. 3**)。

深部静脈血栓の発生部位・局在

静脈血栓はどこに発生してもよいが好発部位があり、下腿筋静脈に初発することが多いとされている。

鼠径部における大腿静脈、および骨盤内における外腸骨あるいは総腸骨静脈も血栓形成の好発部位である。腸骨静脈の血栓性閉塞は左側に多く、誘因として腸骨動

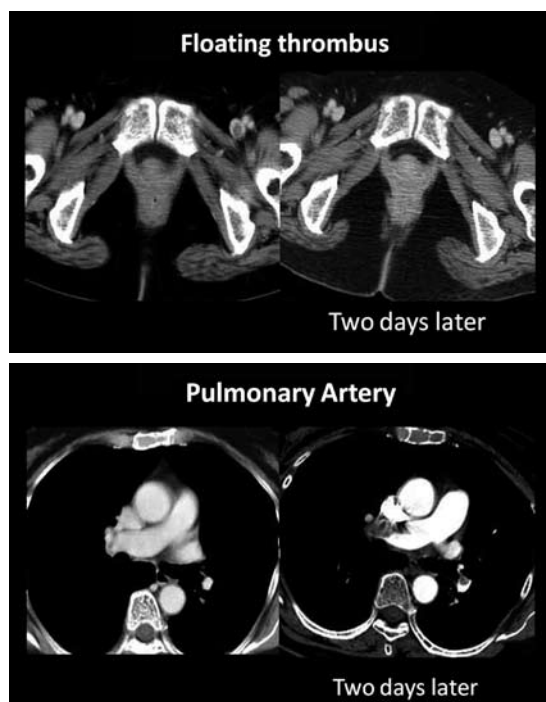


Figure 3 Left femoral vein floating thrombus.
A: Left femoral vein floating thrombus is not visualized two days later.
B: Thrombus comes up to the pulmonary artery two days later.

A

B

脈の圧迫、あるいは仙骨岬角の圧迫などが考えられている。圧迫が原因の場合、塞栓は起こりにくいが、圧迫部位(腸骨静脈)より中枢の下大静脈内に血栓が進展する場合があります、この場合にはPEに留意する必要がある。他の原因として、カテーテルの挿入があげられる。

診断は肺動脈と同様、ページング、あるいは多断面再構成画像を動かしながら(いわゆる“scroll-through”)行う。静脈血栓の存在診断は、静脈内の陰影欠損によって行う。Window level, Window widthは適宜調節する必要がある。

読影にあたっては、まず静脈が十分に造影されているかを確認する必要がある。血栓の有無を判定する際には、静脈が十分に造影されないために起こる層流などによる偽陽性や、静脈変異を側副路の発達と誤らないよう留意する必要がある^{13, 14)}。肺塞栓症で右心負荷があり三尖弁逆流を伴うような症例では、静脈還流が障害されて造影効果が不十分となる場合がある(Fig. 4)。

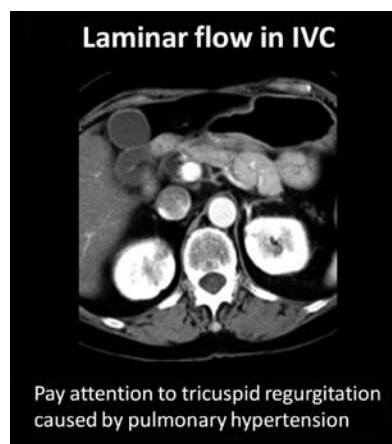


Figure 4 Pulmonary embolism with pulmonary hypertension. Laminar flow is observed at IVC. Pulmonary hypertension should be considered in this situation.

造影効果が十分と判断されたならば、静脈血栓の有無、血栓の部位・範囲、側副血行路、狭窄の有無、静脈壁の状態、周囲軟部組織の状態、患肢腫脹の有無などについて評価を行う。側副路と鑑別が必要な静脈変異には、膝窩静脈・大腿静脈のduplicationのほか、膝窩静脈と深大腿静脈が直接連続する症例がある(10~15%程度)。

急性のDVTでは、血管の拡張、静脈周囲の脂肪濃度の上昇、静脈壁のリング状濃染、患肢の腫脹などの変化がある。慢性では、血栓の辺縁不整、石灰化、血栓の偏在、静脈壁の肥厚、静脈の狭小化などがいわれている。

Diagnostic Strategies for PE

PEを疑った場合に、肺動脈の検索にCTPAを用いることはコンセンサスが得られている。CTPAに組み合わせる検査として、凝固・線溶系の検査であるD-dimer、下肢静脈の超音波検査、CTVが挙げられる。PEの臨床的probabilityが低・中間の患者における大規模無作為比較試験において、CTPAにD-dimerを加えることにより、compression venous ultrasonographyを加える必要がないとされている¹⁵⁾。一方CTAにCTVを加えることにより、特異度が変わらず感度が高いことが大規模試験で報告されているが¹⁶⁾、放射線被曝の観点からはCTVをCTPAに加えることはcontroversialである。低線量撮像も含め、今後の検討が必要である。

文 献

- 1) Loud PA, Katz DS, Klippenstein DL et al: Combined CT venography and pulmonary angiography in suspected thromboembolic disease. *AJR*, 2000, **174**: 61–65.
- 2) Remy-Jardin M, Remy J, Wattine L et al: Central pulmonary thromboembolism: diagnosis with spiral volumetric CT with the single-breath-hold technique-comparison with pulmonary angiography. *Radiology*, 1992, **185**: 381–387.
- 3) Anderson DR, Kahn SR, Rodger MA et al: Computed tomographic pulmonary angiography vs ventilation-perfusion lung scanning in patients with suspected pulmonary embolism: a randomized controlled trial. *JAMA*, 2007, **298**: 2743–2753.
- 4) Loud PA, Katz DS, Bruce DA et al: Deep venous thrombosis with suspected pulmonary embolism: detection with combined CT venography and pulmonary angiography. *Radiology*, 2001, **219**: 498–502.
- 5) Schoepf UJ, Holzkecht N, Helmberger TK et al: Subsegmental pulmonary emboli: improved detection with thin-collimation multi-detector row spiral CT. *Radiology*, 2002, **222**: 483–490.
- 6) 吉村宣彦, 中川範人, 堀 祐郎 他: MDCTによる肺血栓塞栓症診断能の検討. *臨床放射線*, 2003, **48**: 167–172.
- 7) Cornuz J, Pearson SD, Polak JF: Deep venous thrombosis: complete lower extremity venous US evaluation in patients without known risk factors-outcome study. *Radiology*, 1999, **211**: 637–641.
- 8) van der Meer RW, Pattinama PMT, van Strigjen MJL et al: Right ventricular dysfunction and pulmonary obstruction index at helical CT: prediction of clinical outcome during 3-months follow-up in patients with acute pulmonary embolism. *Radiology*, 2005, **235**: 793–803.
- 9) Pech M, Wieners G, Dul P et al: Computed tomography pulmonary embolism index for the assessment of survival in patients with pulmonary embolism. *Eur Radiol*, 2007, **17**: 1954–1959.
- 10) Szapiro D, Ghaye B, Willems V et al: Evaluation of time-density curves of the veins of the lower limbs. *Invest Radiol*, 2001, **36**: 164–169.
- 11) Goodman LR, Stein PD, Matta F et al: CT venography and compression sonography are diagnostically equivalent: data from PIOPED II. *AJR*, 2007, **189**: 1071–1076.
- 12) Ohgi S, Tachibana M, Ikebuchi M et al: Pulmonary embolism in patients with isolated soleal vein thrombosis. *Angiology*, 1998, **49**: 759–764.
- 13) Garg K, Mao J: Deep venous thrombosis: spectrum of findings and pitfalls in interpretation on CT venography. *AJR*, 2001, **177**: 319–323.
- 14) Ghaye B, Szapiro D, Willems V et al: Pitfalls in CT venography of lower limbs and abdominal veins. *AJR*, 2002, **178**: 1465–1471.
- 15) Righini M, Le Gal G, Aujesky D et al: Diagnosis of pulmonary embolism by multidetector CT alone or combined with venous ultrasonography of the leg: a randomized non-inferiority trial. *Lancet*, 2008, **371**: 1343–1352.
- 16) Stein PD, Fowler SE, Goodman LR et al: Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *N Eng J Med*, 2006, **354**: 2317–2327.

MDCT of the Pulmonary Artery and Deep Venous System

Norihiro Yoshimura

Department of Radiology, Niigata University Medical and Dental Hospital, Niigata, Japan

Key words: PE, DVT, CTA, CTV

MDCT pulmonary angiography (CTPA) is the first-line diagnostic modality for pulmonary embolism (PE). Combining CTPA and D-dimer is an effective means of PE. CTV is an alternative method; however, it is still controversial in terms of radiation exposure.

(J Jpn Coll Angiol, 2009, **49**: 543–546)

Online publication January 22, 2010

脈管学 Vol. 49, 2009