

学内グラント 報告書

平成26年度 学内グラント終了時報告書

キセノン吸入および造影剤投与後の2重エネルギーCT (Xenon- and contrast-enhanced dual energy CT(Xe-Ce-De-CT)) を 用いた肺切除術前後における肺形態ならびに肺換気血流比率の評価

研究代表者 青木 耕平 (総合医療センター 呼吸器外科)

研究分担者 柳田 ひさみ²⁾, 泉 陽太郎¹⁾, 井上 慶明¹⁾,
福田 裕樹¹⁾, 儀賀 理暁¹⁾, 渡部 渉²⁾,
清水 裕次²⁾, 本田 憲業²⁾, 中山 光男¹⁾

緒言

近年人口の高齢化にともない肺切除術を要する疾患、原発性肺癌・転移性肺腫瘍・炎症性肺疾患・嚢胞性肺疾患などの頻度はいずれも増加傾向にある。また、同一患者が複数回に及ぶ肺切除術を必要とする頻度も増えつつある。このような状況において、肺切除術前後の肺機能変化の正確な評価は重要である。しかし、肺切除術前後における肺の形態的および機能的変化を画像上観察した報告は未だ少ない。肺における有効なガス交換には換気と血流が一致している必要がある。現在肺換気血流分布の評価は肺シンチグラフィーで行われているが、アイソトープを用いるため煩雑な検査であり、実臨床でこの検査を手術前後に行うことのハードルは高い。また空間分解能はCTに比し低く、肺内の領域別評価は容易ではない。

一方我々はキセノン吸入2重エネルギーCTを用いるとCT撮像で肺換気が描出でき、かつCTと完全に重なった高解像度の画像を得られる可能性があることを示した¹⁾。また造影剤急速静注2重エネルギーCTを用いれば肺ヨード濃度画像すなわち肺血流機能画像が得られることはすでに報告されている^{2,3)}。従って、これらの検査を連続して行うことにより、通常のCTと同様の空間分解能を有する肺の領域別換気血流の評価を正確に行うことができる可能性がある。

本研究の目的は肺切除術前後でキセノン吸入2重エネルギーCTと造影剤急速静注2重エネルギーCTを行い肺領域別の換気血流を画像を作成し評価すること、そしてその結果を肺換気血流シンチグラフィーと比較評価することである。さらに、これらの結果をスパイロメトリーによる肺機能、動脈血酸素飽和度、血液ガス、DLCOといった

生理学的検査と比較検討することである。

今回は術前のキセノン吸入2重エネルギーCTと造影剤急速静注2重エネルギーCTについて得られた肺領域別の換気血流画像と同じく術前の肺換気血流シンチグラフィー画像の比較検討について報告する。

材料と方法

対象

年齢20歳以上、当センターにおいて肺区域切除術以上を行う症例、造影剤使用可能な症例、撮影時呼吸停止可能な症例、文書による同意が得られた症例。

非放射性キセノン吸入単純2重エネルギーCTおよび造影剤急速静注2重エネルギーCT撮像

まずキセノン吸入単純2重エネルギーCTを撮影した(VDCT)。CT装置はSiemens社Somatom Definition Flashを用いた。被験者の顔面に酸素吸入用フェースマスクを口、鼻が完全にマスクに入る様にしてストラップで固定した。マスクからの漏れのないことを確認した。キセノンガスコントロールシステム(Anzai AV-726)にて35%Xe-65%O₂混合気を調整し、最大呼気を被験者に行わせ、最大呼気位に達する少し前に、キセノンガスコントロールシステムから35%Xe-65%O₂混合気を流しはじめた。最大呼気位に達したら吸気を指示し、35%Xe-65%O₂混合気を吸入させ最大吸気位で呼吸停止させ、2重エネルギー(140, 80kVp)のヘリカルCT撮影を行った。引き続き造影剤急速静注による2重エネルギー(140, 80kVp)の造影ヘリカルCT撮影を行った(PDCT)。

肺換気・血流シンチグラフィー撮像

シンチグラフィーは島津社PRISM AXIS two-detector SPECT systemを用いて行った。撮影は息止めSPECTルーチンの通りに行った。換気シンチは仰臥位でテクネガスの肺活量呼吸の吸入で行った(VSc)。血流シンチグラフィー

1) 総合医療センター 呼吸器外科

2) 総合医療センター 放射線科

は ^{99}mTc -MAA を静注して行った (QSc)。

画像評価方法

2 重エネルギー CT 画像はスライス間隔 10 mm の axial 画像で視覚的に評価を行った。画像評価方法は以前の報告^{2,3)}に準じて肺区域ごとに減衰箇所の有無を視覚的に評価した。シンチグラフィーは SPECT データならびに 12 方向からの planar 像をもとに視覚的に減衰箇所の有無を評価した。それぞれのモダリティーで換気あるいは血流の減衰がみられる肺区域を集計した。肺野条件の CT も同様に肺区域ごとに病変の有無を評価した。造影 CT からは縦隔構造や肺血管の異常の有無を評価した。

結 果

2013 年 5 月から 2014 年 8 月までに試験が行われた 31 例の術前画像を検討した。原病は全例原発性肺癌であった。

結節 (腫瘍)

胸部 CT 肺野条件、10 mm スライス厚で検出された結節 (腫瘍) 性病変は 37 個であった。肺癌と診断されたもの 30 個、未確診結節が 7 個であった。これらのうち、換気シンチグラフィー (VSc) では 15 個 (41%)、血流シンチグラフィー (QSc) では 22 個 (59%) が減衰として検出された。不一致例はすべて VSc で検出されず、QSc で検出であった。一方換気 2 重エネルギー CT (VDCT) では 35 個 (95%)、血流 2 重エネルギー CT (PDCT) では 35 (95%) 個が減衰として検出された。VDCT と PDCT の所見は完全に一致していた。VDCT および PDCT で検出されなかった病変は 2 個あり、径 8 mm の充実性結節 (肺癌) と径 7 mm のスリガラス状陰影 (未確診) であった。これらの病変は VSc、QSc でも検出されなかった。図 1 に右中葉の肺癌症例を示す。右中葉結節はすべての検査で減衰として描出された。

気腫性および囊胞性変化

胸部 CT では 31 か所の気腫性および囊胞性変化が検出された。これらのうち、VSc では 7 か所 (23%)、QSc で

は 7 か所 (23%) が減衰として検出された。局在は不明瞭だが全体的に不均一な所見まで含めると VSc では 21 か所 (68%)、QSc では 22 か所 (71%) が減衰として検出された。不一致例はすべて VSc で検出されず、QSc で検出であった。一方 VDCT では 1 か所 (3%)、PDCT では 28 箇所 (90%) が減衰として検出された。図 2 に左上葉の肺囊胞の症例を示す。PDCT では減衰として描出されているが、他の検査では明らかではない。

間質性変化

胸部 CT では 4 か所の間質性変化が検出された。これらは VSc および QSc では検出されなかった。一方 VDCT および PDCT では 3 箇所 (75%) が減衰として検出された。VDCT および PDCT 所見は一致していた。図 4 に左下葉の間質性変化の症例を示す。VDCT、PDCT ともに減衰として描出されている。VSc と VQc は全体的に不均一であるが、減衰の局在が明らかとはいえない。

無気肺

胸部 CT では 7 か所の無気肺が検出された。これらのうち、VSc では 4 か所 (57%)、QSc では 4 か所 (57%) が減衰として検出された。VSc と QSc の所見は一致していた。一方 VDCT では 7 か所 (100%)、PDCT では 7 か所 (100%) が減衰として検出された。VDCT と PDCT の所見は一致していた。図 5 に肺癌に伴う左上葉の無気肺の症例を示す。全検査で減衰として描出されている。

肺動脈の閉塞

CT 上腫瘍の浸潤により肺動脈の閉塞が疑われた症例が 1 例あった。QSc および PDCT は減衰としてみられ、VSc と VDCT では異常は見られなかった。図 6 に本症例を示す。左下葉 S8 と S9 への肺動脈血流が腫瘍により障害されている。PDCT と QSc では欠損として描出されている。

偽陽性について

CT 画像上は異常が見られなかったか所にいずれかのモダリティーで減衰が見られることはなかった。

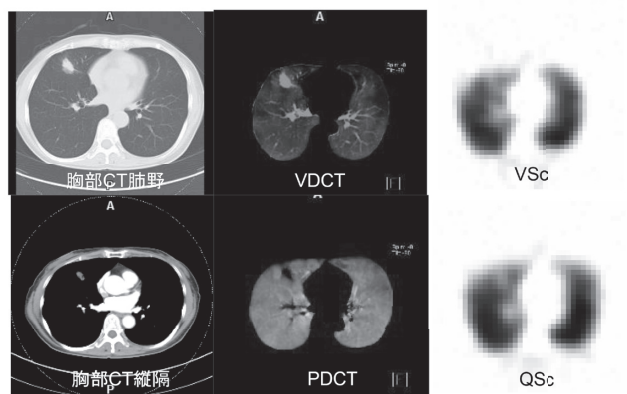


図 1. 右中葉の肺癌症例。右中葉結節はすべての検査で減衰として描出されている。

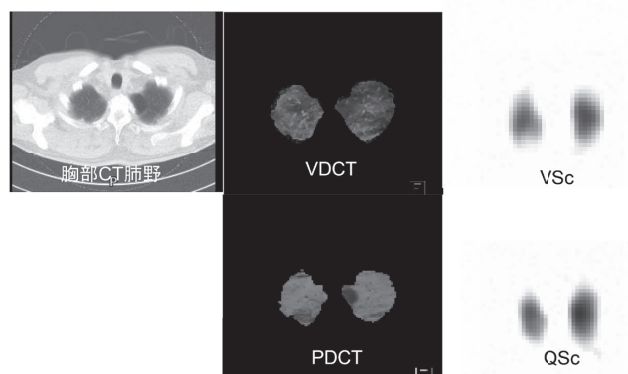


図 2. 左上葉の肺囊胞。PDCT では減衰として描出されているが、他の検査では明らかではない。

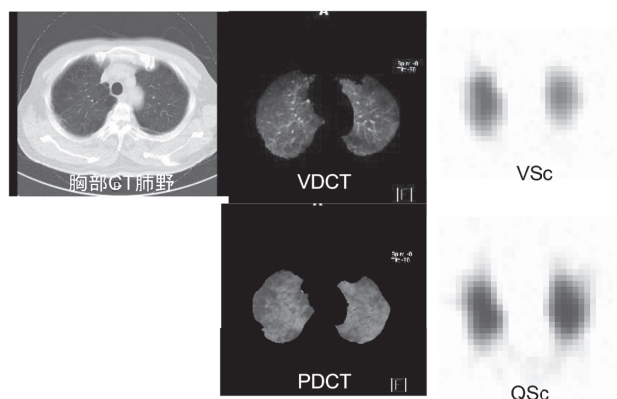


図3. 右上葉の気腫性変化. PDCTでは減衰として描出されているが、他の検査では明らかではない。

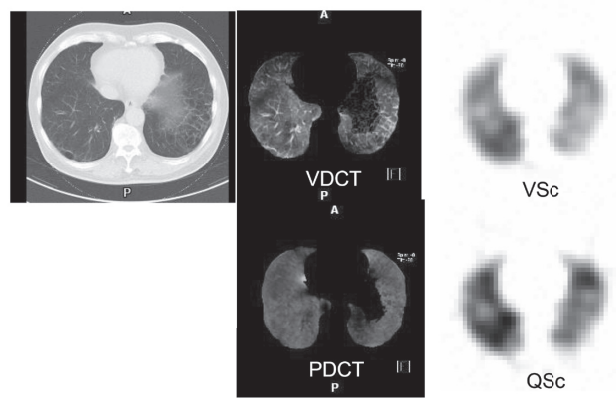


図4. 左下葉の間質性変化. VDCT, PDCTともに減衰として描出されている. VScとVQcは全体的に不均一であるが、減衰の局在が明らかとはいえない。

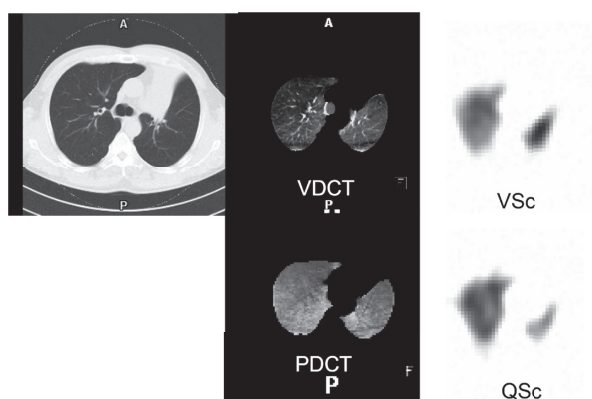


図5. 左上葉の無気肺. 全検査で減衰として描出されている。

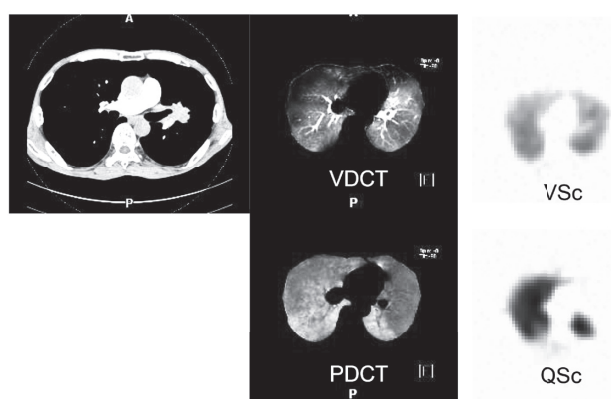


図6. 左下葉S8とS9への肺動脈血流が腫瘍により障害されている. PDCTとQScでは減衰として描出されている。

考 察

シンチグラフィーと2重エネルギーCTの所見比較は肺血流、特に肺血栓塞栓症症例の検出において報告が複数見られるが⁴⁻⁶⁾、定量的な比較方法は我々の検索した範囲では見当たらず、いずれも画像所見を定性的に見比べて評価していた。また2重エネルギーCTによる換気と血流の比較も少数散見されるが³⁾、いずれも読影による定性的な比較である。なお換気血流2重エネルギーCTと換気血流シンチグラフィーを比較検討した報告は検索した範囲では見つからなかった。

2重エネルギーCTの解像度は明らかにシンチグラフィーよりは高く、CTにおいて検出される病変の検出率もシンチグラフィーより高かった。このため換気および血流評価における有用性はシンチグラフィーより高い可能性が想定された。しかし、キセノンは気腫性ならびに嚢胞性病変にはシンチグラフィーより高率に取り込まれるため減衰にはならない可能性が示唆された。この意味ではVDCTより

PDCTの方が有効な肺容量を反映する可能性も考えられた。

血管造影とPDCTを比較した従来の報告(Thieme SF AJR 2009)では偽陽性率6%と報告がある。原因としては造影時間が短いため偶然血流が途絶えていた可能性があるとして説明されているが、今回の検討では偽陽性は見られなかった。

今回換気および血流の2重エネルギーCT画像は同時に全身検索にも用いることが可能であった。しかし、撮影は2回になるため被曝量は増加する。今後の検討課題としては胸部CT、VSc、QSc、VDCTおよびPDCT画像から最も効率的な肺容量の算出方法を検討することが挙げられる。どのような減衰cutt off値を用いるかなど、有効換気肺野領域の抽出を最適化方法の検索が課題である。それが可能となれば肺機能検査値との相関、術前と術後における当該データの比較を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) Yanagita H, Honda N, Nakayama M, Watanabe W, Shimizu Y, Osada H, Nakada K, Okada T, Ohno H,

- Takahashi T, Otani K. Prediction of postoperative pulmonary function: preliminary comparison of single-breath dual-energy xenon CT with three conventional methods. *Jpn J Radiol* 2013 Jun;31(6):377-85.
- 2) Kunihiro Y, Okada M, Matsunaga N, Sano Y, Kudomi S, Suga K, Kido S. Dual-energy perfusion CT of non-diseased lung segments using dual-source CT: correlation with perfusion SPECT. *Jpn J Radiol* 2013 Feb;31(2):99-104.
- 3) Thieme SF, Hoegl S, Nikolaou K, Fisahn J, Irlbeck M, Maxien D, Reiser MF, Becker CR, Johnson TR. Pulmonary ventilation and perfusion imaging with dual-energy CT. *Eur Radiol* 2010 Dec;20(12):2882-9.
- 4) Devaraj A, Sayer C, Sheard S, Grubnic S, Nair A, Vlahos I. Diagnosing acute pulmonary embolism with computed tomography: imaging update. *J Thorac Imaging* 2015 May;30(3):176-92.
- 5) Okada M, Kunihiro Y, Nakashima Y, Nomura T, Kudomi S, Yonezawa T, Suga K, Matsunaga N. Added value of lung perfused blood volume images using dual-energy CT for assessment of acute pulmonary embolism. *Eur J Radiol* 2015 Jan;84(1):172-7.
- 6) Ohana M, Jeung MY, Labani A, El Ghannudi S, Roy C. Thoracic dual energy CT: acquisition protocols, current applications and future developments. *Diagn Interv Imaging* 2014 Nov;95(11):1017-26.

研究成果リスト

該当なし