

呼吸器領域における 画像診断の最新動向

最新
画像診断の
エッセンス

企画協力：大野良治

神戸大学大学院医学研究科 先端生体医用画像研究センター センター長
同内科系講座放射線医学分野 機能・画像診断学部門 部門長 / 特命教授

近年のCT, MRI, 核医学やCADの発展は目覚ましいものがあり、従来の形態情報をもとにした視覚的画像診断から、形態診断に加えてさまざまな機能・代謝診断を行うための定性評価や半定量あるいは定量解析を用いた総合画像診断法へと大きな進歩を遂げつつある。このような状況下で、呼吸器領域では放射線診断学は単なる画像診断“Diagnosis”のみならず、より安全かつ再現性のある検査を行うとともに、精査などの適否の評価、患者の治療計画の立案、最新治療の適応決定や治療効果予測および治療効果判定など“Patient's Management”において大変重要な役割を担うものであり、今後は単なる画像診断以外での臨床応用が期待されている。したがって本特集では、画像診断におけるさまざまな技術革新や新たな手法の臨床応用が呼吸器疾患の診療において、Patient's Managementなども考慮に入れた上で、いかに進めていき、臨床研究がなされ、今後さまざまなエビデンスの確立を行っていくことが必要なのか、あるいは確立されたエビデンスをもとにどのような検査法を中心に臨床応用を推し進めていくことが必要であるかなどの視点を十分踏まえて、各領域のエキスパートの先生方に最新情報をご報告いただく。本特集が呼吸器疾患の臨床、ならびにさまざまな診療科の多様な経験を有する研修医、初学者、一般臨床医、基礎研究やさまざまな領域の臨床研究者など、呼吸器疾患に携わる人々に少しでも貢献することを願っている。(9月17日 大野良治)



呼吸器領域における
画像診断の
最新動向

I 呼吸器領域におけるCTの最新技術

1. Dual Energy CTの現状と 将来展望 ——呼吸器領域を中心に

白神 伸之 / 小林 正周
甲田 英一 東邦大学医学部

東邦大学医療センター大森病院放射線科

Dual Energy CT (DECT) とは、2つの異なる管電圧を用いて同部位をほぼ同時に撮影できるCT装置であり、この撮影法により得られたCTデータから、特定の組成を抽出し画像化することができる。1970年代より基礎理論をはじめとする検討がされてきたが、21世紀に入り、2管球搭載型CTや高速kV切り替え装置を搭載したCTの開発により、実臨床での使用が可能となった。

これらのCTによりDual Energy (DE) モードで撮影され、得られたデータは、それぞれの物質のX線減弱特性の違いを利用する2-material decomposition法、および3-material decomposition法などの画像化手法を用いて再構成され、対象となる物質を単独に分離できる。現在、臨床的に分離して用いられているものには、尿酸、カルシウム、iodine (ヨード)、xenon (ゼノンガス)、krypton (クリプトン

ガス) などがある^{1), 2)}。

なお、メーカーによりDual Energy撮影CT装置の特色があり、完全に同じデータが得られるわけではなく、また再構成法にも微妙な差があるため、施設によっては異なる画像と映るかもしれないが、今回われわれの用いたCT装置は2管球搭載型 (Dual Source) の「SOMATOM Definition Flash」(シーメンス社製) である。

呼吸器領域における Dual Energy CT

呼吸器領域で現在主として用いられている DECT のアプリケーションは、Lung Perfused Blood Volume (Lung PBV) と、Xenon Ventilation の2つである。

Lung PBV は、肺のヨード造影剤分布、すなわち肺血流を表示することができ、主に肺血栓塞栓症が疑われる症例に対して使用される。これは、最も広く利用されている Dual Energy イメージングの1つで、従来、肺血流評価に用いられてきた ^{99m}Tc -MAA 肺血流シンチグラムとほぼ同等の肺血流評価が可能であると報告されている³⁾。

Xenon Ventilation CT (Xe-CT) は、xenon ガスを用いて換気分布を画像化するアプリケーションで、主に慢性閉塞性肺疾患 (COPD) に対して用いられる。現時点では、xenon 吸入器が必要であるため限られた施設でしか使用されていないが、今後の普及が期待されるアプリケーションである。

以下に、この2つのアプリケーションについて詳述する。

1. Lung PBV

Lung PBV は、前述の 3-material decomposition 法を利用し、経静脈造影を行うことで肺全体のヨード造影剤の分布、つまり肺末梢血流を画像化する手法である。

従来、肺血栓塞栓症に対する画像診断は肺血流シンチグラムがゴールドスタンダードであったが、近年は造影 CT が第一選択の画像診断法と考えられている。高速撮影が可能となった MDCT (multi-detector-row CT) による CT pulmonary angiography (CTPA) では、肺動脈主幹部から区域枝レベルの比較的細かい枝まで血栓塞栓を診断できるが、亜区域枝以下の末梢の塞栓の評価は依然困難である。Lung PBV は、肺末梢のヨード造影剤の分布を 3-material decomposition 法で画像化することで、肺血流シンチグラムと同様に末梢部の血栓 (血流) の評価が可能であるとともに、CTPA を同時に再構成できることから、

血栓そのものも描出可能であり、下肢までスキャンすることで深部静脈血栓の評価も同時に行うことができる。Thime らは、肺血流シンチグラムをゴールドスタンダードとして、Lung PBV の良好な診断能 (感度 83%、特異度 99%) を報告している³⁾。また、肺血流シンチグラムと比較して、Lung PBV の空間分解能は非常に高く、検査時間が短いことも利点として挙げられる。さらに、造影 CT では無気肺などの肺野の評価もでき、下肢血栓の存在評価や、時には腫瘍や炎症などの原因検索も同時に行えることから、経過観察を含めた肺血栓塞栓症に対する総合的有用性が高い (図 1, 2)。

さらに、最近の肺気腫での hypoxic pulmonary vasoconstriction による血流低下を評価した報告⁴⁾では、肺野条件では一見正常に見える部位でも、Lung PBV で不均一な血流低下が見られることがあるとしている。このように、CT の肺野条件では明らかな気腫性変化を指摘できないが、Lung PBV では異常を検出できる部位があり、COPD の新たな評価基準としての意義が高いと考えられる。

2. Xe-CT

COPD は、罹患率・死亡率ともに増加し続け、現在、世界第4位の死因となっており、その正確な診断はますます重要となっている。従来 COPD に対する CT 診断は、気腫性変化や気管支壁の肥厚などの形態学的評価が主体であり、定量的には percent low attenuation area (% LAA) と呼吸機能検査との相関が報告されている。しかし、従来 % LAA 法では、CT 値は撮影に使用する機種や線量によって大きくではないが変化することから、同一の閾値で評価しても施設によって結果が異なることが考えられる。さらに、気道優位型の COPD では、% LAA と肺機能検査との間に乖離が見られることから、% LAA 法による COPD の診断能は必ずしも高いとは言えない。また、スパイロメーターによる肺機能検査も、重度の呼吸障害を有する患者では患者の協力を得られにくいことや、術者によって違いが出ること、部分的な肺の評価はできないことなどが問題点として挙げられる。

近年、Dual Energy 撮影を用いて行われている Xe-CT は、これらの問題の多くを解決可能とされ、これを用いた COPD に対する報告が増加している^{5)~8)}。xenon は原子番号が 54 と高く、X 線不透過性であることから、ヨード造影剤と似た性質を持つ。従来は脳血流評価に用いられており、また、肺疾患に対しても用いられてはいたが、サブトラクション法で差分を表示しなければならなかったため、前後2回の撮影が必要であり、また胸部では前後で同一条件の獲得が難しいため、評価に耐えうる画像化が困難であった。

Xe-CT も前述の Lung PBV と同様に、3-material decomposition 法を利用して肺野全体で肺胞内の xenon ガスの分布を画像化しているが、本田らは、サブトラクション法と、3-material decomposition 法によって作成された xenon 分布画像とを比較して、後者の方が息止めの違いによるミスレジストレーションアーチファクトのない、安定した画像が得られると報告している⁹⁾。

また、肺野の平均 xenon CT 値を算出することによって、xenon 分布画像による視覚的評価のみではなく、定量的評価も行うことができる。

Xe-CT の有用性に関しては、主に成人の COPD に対して多くの報告がされているが、ほかには小児の閉塞性細気管支炎で、Xe-CT によって計算された肺野の平均 xenon CT 値が、1 秒量や 1 秒率、ピークフローなどの呼吸機能検査と相関すると報告されている¹⁰⁾。われわれの Xe-CT による検討でも、COPD 症例 20 名で、平均 xenon CT 値と、1 秒量や 1 秒率、ピークフローとの間には、それぞれ、 $r = 0.05$ ($p < 0.05$)、 0.53 ($p < 0.05$)、 0.64 ($p < 0.01$) と有意な相関が認められた。

Xe-CT の実際

Xe-CT の撮影は、安西メディカル社製の xenon ガス吸入器 (XETRON AZ-725) を使用し、最大呼気直後に 35% xenon ガスを吸気マスクに送気し、最大努力吸気後に 1 回撮影する 1 回吸気法を採用している。報告されている多