



VI 腹部画像診断におけるCTのトピックと技術

1. 臨床編：Dual energy CTとphoton counting detector CTが臨床に与えるインパクト 2) Photon counting detector CTが切り開く腹部画像診断の新時代：多様な臨床応用の可能性

大西 裕満 大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻生体物理工学講座
中本 篤 大阪大学大学院医学系研究科次世代画像診断学共同研究講座

CT装置は、1970年代の登場以来、ヘリカルスキャン、マルチスライス検出器、dual energy技術といった技術革新を経て、その診断の質を着実に高めてきた。そして最近では、この進化の歴史において、「過去数十年で最大の転換点」とも言えるphoton counting detector CT (PCD-CT)が実用化された。従来のエネルギー積分型検出器 (energy integrating detector: EID) を用いたCT (EID-CT) では、シンチレータによってX線を可視光に変換し、それをフォトダイオードで電気信号として取り出すという間接的な検出方式を用いてきた。これに対して、PCD-CTは半導体検出器を用いた直接変換方式であるため、個々のX線光子を直接カウントすることでエネルギー情報を精密に識別する。この革新的なパラダイムシフトにより、腹部領域における診断精度、特に微小病変の検出、組織の質的評価、被ばくおよび造影剤量の低減が現実のものとなりつつある。本稿では、PCD-CTの技術的背景を詳述するとともに、肝臓、膵臓、消化管、血管といった腹部各領域における最新のエビデンスに基づいた臨床的有用性について解説する。

PCD-CTの技術的背景

PCD-CTの最大の特徴は、テルル化カドミウム (CdTe) やテルル化亜鉛カドミウム (CZT) などの半導体を用いたフォトンカウンティング検出器にある。

PCD-CTには、主に次のような特性がある。

- X線を直接電気信号に変換するため、シンチレータでの光拡散がない。これにより、検出器素子を極小化でき、高解像度撮影が可能となる。
- 特定のエネルギー閾値以下の電気信号をカットすることで、電気的なノイズを排除できる。
- 単一のスキャンで、複数のエネルギー帯 (エネルギービン) ごとに光子をカウントできる。これにより、常時スペクトラルデータを取得できる。スペクトラルデータからは、仮想単色X線画像 (virtual monoenergetic imaging: VMI) や物質弁別画像 (material decomposition)、仮想単純画像 (virtual non-contrast: VNC) などの画像を生成することができる (図1)。

肝疾患の診断における PCD-CTの有用性

肝臓の小病変の検出と非侵襲的定量評価において、PCD-CTは「検出能の向上」と「定量的評価の高度化」という2つの側面でMRIに迫る性能を示している (図2)。Wildman-Tobrinerらによるファントムの仮想的な画像を用いた検討¹⁾においては、1.5cm未満の病変の検出感度は、EID-CTの77.6%に対し、PCD-CTでは82.1%へと有意に向上している。

また、肝細胞がん (HCC) の診断基準であるLiver Imaging Reporting and Data System (LI-RADS)において、PCD-CTは、MRIときわめて高い一致率を示している。Müllerらの報告²⁾によれば、MRIとの一致係数は、EID-CT (0.52 ~ 0.64) を大きく上回る0.72 ~ 0.85に達した。これにより、CTによる初回評価の確信度が高まり、追加のMRI検査や生検を回避できる可能性が示唆されている。

PCD-CTは、単純CTだけでなく、造影CTデータからも正確な肝脂肪分画を算出できる。Linら³⁾の研究では、PCD-CTによる肝脂肪分画は、MRIのproton density fat fraction (PDFF) ときわめて強い相関を示した。これにより、ほかの目的で行われた造影CTから、自動的に脂肪肝のグレードを評価することが可能になり、代謝異常関連脂肪性肝疾患 (MASLD) の早期発見への寄与が期待されている。

膵疾患の診断における PCD-CTの有用性

膵がんは、周囲組織とのCT画像上のコントラストが小さく、診断が困難な疾患の一つであるが、PCD-CTはその高い空間分解能と高いコントラスト・ノイズ比で、この課題を克服している。膵がんのCT検査においては、低keV (40 ~ 50keV) のVMIを用いることで、腫瘍