

# Dual energy CT × 放射線治療 「DECTが切り拓く、新たな放射線治療 戦略」

大平 新吾 東京都立大学健康福祉学部放射線学科/  
大阪国際がんセンター放射線腫瘍科

## 放射線治療戦略

放射線治療の進歩は目覚ましく、回転型強度変調放射線治療では、治療装置のガントリが回転する間にマルチリーフコリメータの形状を変化させながら放射線を照射する技術が使用されており、腫瘍に対して集中的に放射線を照射する一方で、正常組織への影響を最小限に抑えることができる。また、放射線治療装置に搭載されたコンベームCT (CBCT) は、治療直前の患者の体内における腫瘍の位置を三次元的に再構成することが可能である。治療直前にCBCTを用いて腫瘍の正確な位置を確認し、治療計画と実際の照射位置を一致させる画像誘導放射線治療も、特筆すべき放射線治療の進歩である。機器や患者の不確かさを補償するためのマージンを縮小することで、有害事象を低減できるという数多くの報告がある。さらに、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) パンデミックを契機に、短期間でより高い線量を投与する「寡分割照射」による治療戦略へ、世界的に急速にシフトしている。これにより、腫瘍への治療効果を維持しつつ患者の治療期間の短縮が可能となり、生活の質 (QOL) の向上が期待される。

近年注目されている患者個別化放射線治療は、患者ごとの特性や腫瘍の詳細な特徴を反映した治療戦略であり、従来の一律的な治療法とは一線を画すものである。具体的には、PETによって腫瘍抵抗性の低酸素領域を描出し、その領域に対して線量増加を試みる治療が挙

げられる。ここでは、dual energy CT (DECT) が切り拓く新たな患者個別化放射線治療戦略について解説する。

## 肝臓がんに対する 新たな放射線治療戦略

日本の2020年における肝臓がんによる死亡者数は、男性が約1万6000人、女性が約8500人であり、臓器別の死亡者数では男性で第5位、女性で第6位に位置する。肝臓がんの治療法は多岐にわたり、切除、穿刺 (焼灼)、塞栓、薬物療法などが挙げられる。しかし、『肝癌診療ガイドライン2021年版』<sup>1)</sup>の治療アルゴリズムには、放射線治療が含まれていない。これは、肝臓が放射線感受性が高く、耐容線量が低いこと、さらに、肝細胞がん患者の多くが慢性肝炎や肝線維化を有しており、肝機能が低いことが背景にある。現在の適応としては、1~3個の肝細胞がんにおいて、切除・穿刺局所療法が施行困難なChild-Pugh分類A~B7点、腫瘍径が5cm以下の場合、ピンポイントの寡分割照射である体幹部定位放射線治療 (SBRT) を行ってもよいと弱く推奨されている。

肝機能はSBRTを施行する上で重要な因子である。一般的に、放射線治療後の肝障害発生を予測するために、腫瘍を除く肝臓全体の平均線量が指標として用いられ、分割照射回数や肝細胞がん、転移性肝がんによってこの線量指標は異なる。転移性肝がんの耐容線量は肝細胞がんよりも高く、肝機能と肝障害の関連は古くから示唆されている。しかし、大きな臓器である肝臓のどこの

機能も一律であるとは考えづらく、平均線量で評価することが妥当かどうかは議論の余地がある。Schaubらの報告によると、Child-Pugh分類A群では放射線治療誘発肝障害によって死亡した症例はなかった一方で、BまたはC群では約半数が死亡した<sup>2)</sup>。後に、SPECTにて肝全体の機能を画像化し、高機能領域の平均線量の高い群と低い群に分けたところ、高機能領域が温存されている群では、Child-Pugh分類BまたはCの症例においても放射線治療誘発肝障害によって死亡した症例がないことが明らかとなった。

また、DECTは、SPECTと比較して高解像度かつ簡便・安価に肝機能を評価できる可能性がある。Lambらの報告によると、造影剤注入120~180秒後 (後期相) にスキャンしたデータからヨード密度画像を再構成し、大動脈のヨード密度を1とするノーマライゼーションを行った。値が0.46以上の領域は肝臓の線維化が進んでおり、針生検の結果と一致したと報告している<sup>3)</sup>。図1に、後期相にて撮影された仮想単色X線画像 (77keV) とヨード密度画像の比較を示す。77keV画像では、肝臓内のCT値は一様に見えるが、ヨード密度値は肝臓内でムラがあることがわかる。ヨード密度値が高いところは、後期相においても造影剤がウォッシュアウトされておらず、肝機能が低いことを示唆している。放射線治療計画はターゲットへの線量集中性を高めるために、等方向に急峻な線量分布を作成することが一般的である (図2 a)。DECTによって高機能の領域を把握することができれば、診療放