

## 4. 肺がんの最新放射線治療 強度変調放射線治療 (IMRT) — 肺がん治療における VMATの使用経験を中心に

中川 恵一 / 芳賀 昭弘 東京大学医学部附属病院放射線科

わが国における肺がんの部位別罹患数は、胃がんに次ぐ2位であり、部位別死亡数は1位である。検診によって早期の肺がんが多く発見されるようになり、手術できない、もしくは希望しない症例に対し、安全で確実な放射線療法を確立することは重要な課題である。これまで肺がんに対する高精度放射線治療には、定位体幹部放射線治療として三次元原体照射 (3D-CRT) が使用された。I期非小細胞がんに関して言えば、定位体幹部放射線治療は、手術と同程度と言える臨床結果が得られ始めている<sup>1)</sup>。より進行した肺がんに対する放射線治療もまた、難しさを伴う一方で、標準的な線量をさらに増加させること (dose escalation) によって困難を克服する試みが続けられている<sup>2)</sup>。しかしながら、dose escalationは、3D-CRTではしばしば限界に直面する。正常組織のダメージを極力避けた上で、planning target volume (PTV) へ均一な高線量の投与が実現されるためには、インバースプランニングに基づく強度変調放射線治療 (intensity-modulated radiation therapy: IMRT) がどうしても必要となってくる。

欧米では、これまで多くのIMRTによる肺がん放射線治療に関する報告がなされている。治療計画上、20Gy以上投与される肺体積 (V20) や平均肺線量 (MLD) などは、3D-CRTに比べ重要な減少が見られる<sup>3)</sup> という至極当然な結果だけではな

く、IMRTの臨床結果が、化学療法など他の治療法に比べても大変優れているという報告が散見されるようになった<sup>4)</sup>。IMRTを肺がんの治療に使用するには、治療計画上の照射位置と投与線量を高い精度で保つシステムを用意し、腫瘍の呼吸性移動がその精度に及ぼす影響を検討しなければならない。3D-CRTと公平に比較するには、治療計画だけではなく、こうした影響や、さらに加えるならば、治療時間の増減が精度に及ぼす影響を考察することが必要である。

本稿では、東京大学医学部附属病院 (以下、当院) により進められている原体照射を基盤とする連続回転型の強度変調放射線治療 (volumetric modulated arc therapy: VMAT) を用いた、最新の定位型肺がん放射線治療を紹介する。VMATでは、治療時間が劇的に減少するとともに、回転照射であるがゆえに、治療中の四次元コーンビームCT (4D-CBCT) を撮影することができ、同時に取得した治療中の線量強度などをもとに、実際に投与された線量分布を治療中のCT上に再構成することが可能となる。実際の照射を治療ごとに検討することが、高精度放射線治療を支え、その優れた特性を生かす原動力となる。以下では、肺がん治療に用いるVMATの戦略と、治療計画上の優位性について検討する。

### 連続回転型強度変調放射線治療 (VMAT)

VMATは、マルチリーフコリメータ (MLC)、ジョー (JAW)、線量率やガントリ回転速度を連続的に変調しながら照射する最新のIMRT手法である。一般的なVMATの治療計画では、離散化されたガントリ角を制御点として、各制御点における照射野の形状と monitor unit (MU) 値が、最大線量率など装置の持つ制約、および各臓器の線量体積ヒストグラム (DVH) 上に設定する制約のもとに最適化される。ところが、呼吸性移動を伴う部位の照射の場合、各制御点の照射が呼吸のどの位相時で行われるかによって、現実に腫瘍に投与される線量に不定性を与えてしまう<sup>5)</sup>。したがって、IMRT線量を計画どおりに投与するためには、息止めもしくは迎撃照射などを行うことが望ましいのであるが、その場合、患者を長時間同じ状態で固定し続けなければならないというデメリットも存在する。

そこで当院では、腫瘍の動きをなるべく抑えるため、ボディフレームと圧迫板により、体幹と横隔膜をそれぞれ押さえた呼吸抑制のもとで治療を行っている。腫瘍の打ち損じを防ぐために、治療計画には四次元CT (4D-CT) を取得し、すべての制御点で、存在確率の最も高い吸気時に対して原体照射にならった照射野形状を形成する。図1は、その照射野の一例が示されている。MLC形状が、