

1. CBCTを用いた即時適応放射線治療の臨床的有用性

岸 徳子 / 岩井 貴寛 / 平島 英明 京都大学医学部附属病院放射線治療科

CBCT-guided online adaptive radiotherapy (CBCTgART)

通常の放射線治療では、治療計画用CTを撮影した際の姿勢を治療時に再現するために、さまざまな画像情報を使用して位置照合が行われる。現在主流の位置照合方法として、放射線治療装置に搭載されたkVイメージングシステムで撮影するコーンビームCT (cone-beam CT: CBCT) が使用されている。しかし、その画質に課題があり、病変や周囲のリスク臓器の正確な同定、およびそれらを考慮した線量計算を要する高精度な放射線治療計画に用いることが困難であった。近年、画像処理技術や放射線治療装置の進歩に伴い、CBCTの画質が飛躍的に向上したことにより、CBCTを用いた即時適応放射線治療 (online adaptive radiotherapy: online ART) が実現可能となった。online ARTは、放射線治療期間中に生じる腫瘍の縮小や患者の体形変化により、腫瘍への投与線量の不足や周囲のリスク臓器の被ばく線量の増加が懸念される場合に、治療当日に取得した医用画像に基づいた最適な治療計画を照射直前に作成し、照射を行う技術である¹⁾。

本稿では、CBCTを用いた即時適応放射線治療 (CBCT-guided online ART: CBCTgART) の有用性と、実臨床におけるワークフローに関して述べる。

既報告から見たCBCTgARTの有用性

放射線治療計画では、治療中の動きや治療期間を通じたセットアップの不確実性を補償するために、腫瘍にマージンを加えた計画標的体積 (planning target volume: PTV)、周囲のリスク臓器にマージンを加えた計画リスク臓器体積 (planning organ at risk volume: PRV) を作成する。CBCTgARTでは、当日の体内臓器位置や形状に合わせた治療計画を行うため、治療期間を通じてのセットアップの不確実性 (日間変動量) の影響を最小限にし、PTVおよびPRVマージンを縮小することが可能である。CBCTgARTの線量分布を検討した研究では、PTVに対して線量集中性が高く、リスク臓器の被ばく線量を低減できることが多くの悪性腫瘍において報告されている²⁾。しかし、臨床成績に関する報告は少なく、観察期間の短い後方視的な検討が大部分を占める。

腹部腫瘍は周囲に放射線感受性の高い消化管があり、CBCTgARTの有用性が最も生かされる領域である。特に、膵がんは比較的放射線抵抗性であるにもかかわらず、腫瘍への高線量投与が困難であったため、CBCTgARTの導入による線量増加、治療成績の向上が期待されている^{3), 4)}。切除不能または局所進行再発膵がんに対するCBCTgARTを施行した21例の後方視的検討では、観察期間中央値が6.6か月と短いものの、1年全生

存割合は89.5%、1年局所制御割合は90.9%、放射線治療に伴うグレード3以上の急性期有害事象は1例、晩期有害事象は1例のみと報告されており、良好な成績が示されている⁵⁾。現在、局所進行膵がんに対するCT-STAR試験をはじめ、複数の臨床試験が進行中である^{6), 7)}。

筋層浸潤を有する膀胱がんに対しては、CBCTgARTによりPTVマージンを縮小し、腸管線量を低減することが可能である⁸⁾。また、前立腺および精嚢の局所照射、全骨盤予防リンパ節領域照射でも、PTVマージンの縮小が可能であることが報告されている^{9), 10)}。前立腺がんに対するCBCTgART 7例の後方視的検討によると、CBCTgARTはPTVの線量分布を改善し、直腸の最大線量を有意に低減した¹¹⁾。また、観察期間中央値9.5か月でグレード3以上の急性期消化管毒性や尿路毒性は認めていない。

婦人科がんにおいても同様にPTVマージンを縮小する可能性が示唆されている^{12), 13)}。また、前向き試験では、CBCTgARTがPTVの線量分布を改善しつつ急性期尿路毒性を認めないことが報告されている¹⁴⁾。

頭頸部がんにおいてもPTVの線量分布を改善し、脊髄や耳下腺などのリスク臓器への線量を低減できるため、腫瘍制御と有害事象の軽減が期待されている^{15), 16)}。頭頸部がんに対するCBCTgART 22例の後方視的検討では、観察期間中央値14.1か月の時点で、局所制御割合は95.5%、急性期有害事象はグレード3の