

2. 「CyberKnife」による 定位放射線治療の現状と展望

奥田 隆仁
鈴木 淳司
吉岡 靖生

トヨタ記念病院放射線治療科

トヨタ記念病院放射線治療品質管理グループ

がん研究会有明病院放射線治療部

「CyberKnife (以下, CK)」システム (アキュレイ社製) は、頭蓋内、体幹部どちらも治療対象とするノンコプラナー照射と動体追尾照射が可能な高精度放射線治療専用機である。外観は、産業用ロボットアームに小型直線加速器を搭載した放射線照射装置を中核とする、きわめてユニークなシステムである。1994年、脳神経外科医 John Adler により開発されて以来、高線量をサブミリメートルの精度で照射することができるロボット型放射線治療システムとして、世界中で使用されている¹⁾。現在は、第6世代となる「CyberKnife M6 (以下, CK-M6)」へと進化し、2019年8月現在、世界中で約350台、本邦では36台が稼働中である。

CK-M6の概要

CK-M6のシステム構成は、ロボットアームと小型直線加速器、target locating system と呼ばれている天井に設置される2つのX線管球とそれに対応するflat panel detector (FPD) に加え、赤外線カメラ、3種類のコリメータが収納される「Xchange コリメータスタンド」、および6軸補正が可能な治療寝台である「RoboCouch」で構成される (図1)。

CK-M6最大の特長は、いままで搭載されていたコーンベースの円形/擬似円形のコリメータ (fix/Iris) に加え、CK史上初めてマルチリーフコリメータ「InCise2 multi-leaf collimator」 (以下, InCise2) が搭載されたことである。これにより、従来のfix/Irisでは照射時間が過大となりがちであった、大きくかつ不整形なターゲットに対しても短時間での照射が可能となっている²⁾。加えて、ビームの照射角度の選択肢が旧型と比べて広がっており、より良好な線量分布を得ることが可能となった。

画像誘導放射線治療

CKに用いられる画像誘導放射線治療 (image guided radiation therapy : IGRT) は、治療直前の画像照合だけでなく、治療中に画像照合を行い、標的の位置変位量を補正することが可能である。この画像照合は、部位別に脳、脊

椎、肺、金マーカーに対応しており、それぞれ画像照合方法が異なり、“6D skull tracking” “Xsight spine tracking” “Xsight lung tracking” “fiducial tracking” と呼ばれる。CKは、これらの画像照合技術と動体追尾システム “Synchrony” を組み合わせることにより、治療中の患者の動きのみならず、標的自体の動きに対してもサブミリメートル以下の精度で照射することを可能としている³⁾。

動体追尾システム Synchrony には、2種類の照射方法がある。1つは標的近傍に金マーカーを留置し、留置した金マーカーを指標に呼吸全位相に同期させて照射を行う方法と、もう1つは金マーカーの留置を行わず、kV画像により直接標的を認識させて、標的自体を指標とし、呼吸全位相に同期させて照射を行う方法である。マーカー留置を行う方法は、標的の近傍にマーカーが留置可能ならば、肺、肝、腎、膵、乳腺腫瘍などに使用が可能であるが、侵襲的である。一方、直接標的を認識させる方法は、金マーカー留置の負担がないため非侵襲的であり、治療開始までのリードタイムが低減されることや、金マーカー留置が困難な患者に対しても追尾照射を適応できるメリットがあるが、治療の対象が15mm以上の末梢型の肺がんにはほぼ限定されている。また、直接標的を認識させる方法は、kV画像による標的の認識に依存しているため、標的が縦隔や椎体と重なるような場合は、患者の体位を変えて固定するなど、