

2. CyberKnifeによる 定位放射線治療の実際

岩田 宏満 名古屋市長西部医療センター名古屋陽子線治療センター陽子線治療科

「CyberKnife」(アキュレイ社製)は、ロボット技術と画像誘導技術を駆使し、高線量をミリメートル以下の精度で標的への照射が可能で、高精度放射線治療装置である。1994年アキュレイ社(Sunnyvale CA, USA)により開発され、わが国でも98年に保険適用となり、2016年6月現在、32施設で数多くの治療が施行されている。従来のガンマナイフなどの治療装置とは異なり、CyberKnifeはロボットを採用したことで空間的自由度が飛躍的に向上し、多方向からのノンコプラナー照射がアイソセンター以外へも可能であり、不整形な病変に対しても比較的均一な線量分布を得ることができ、周辺の正常組織に対する高線量域を低減することが可能である。また、治療室の天井に直行2方向から撮影できるX線撮影装置とフラットパネルディテクタ(以下、FPD)を配置し、治療中はこれらの装置から得られた画像と、あらかじめ治療計画用のCT画像より作成されたdigitally reconstructed radiography(以下、DRR)を、治療前・中に比較照合することで患者位置を認識し、動きがある場合にはロボットで補正を行い照射する。この画像誘導技術により、ガンマナイフのような侵襲的なフレームを使用する必要がなく、シェルなどの固定具で、高精度な分割照射も実現した。つまり、フレームレスで定位的な位置精度を確保しながら分割照射が可能な治療装置であるということである。

国内において、CyberKnifeでの定位放射線治療の大半は転移性脳腫瘍や頭頸部領域の治療であったが^{1),2)}、G4(第4世代)

にアップグレードされ、わが国でも2010年10月より承認されたことにより、肺・肝腫瘍などに対する体幹部定位照射に使用されることが多くなってきている³⁾。体幹部定位照射では、image-guided radiation therapy(以下、IGRT)を用いることで、標的への正確な照射が可能となるため、planning target volume(PTV)マージンを縮小できるが、CyberKnifeではこれに加え、動体追尾照射(tracking)と言われる四次元放射線治療により、動きのある体幹部腫瘍に対してinternal target volume(ITV)を縮小することが可能となった。CyberKnifeでも最新型となる「M6」シリーズは、治療部位に合わせたtracking systemなど、従来の製品でも定評のあった機能に加え、新たにマルチリーフコリメータ(以下、MLC)を搭載することでより進化を遂げたものとなり、26対52枚のリーフで構成されたMLCは、腫瘍の形に合わせて対象範囲を定め、多様な症例に対応

した照射が可能になった(図1)。これに加え、従来からの固定コリメータ、Iris可変コリメータも治療目的に合わせて用意されている。MLCモードでの治療が今回可能となり、線量分布が一部疾患でより向上することで治療の幅がさらに広がり、例えば前立腺がんへの超短期間定位照射などが有望視されている(図2)。2014年の国内におけるCyberKnife全施設の治療件数は、5400~5500例程度と推定されている。

今回は、CyberKnifeを使用した高精度照射での臨床の実際を、臓器・疾患ごとに、今後の展望を含めてその詳細を述べる。

頭頸部腫瘍

1. 頭蓋内腫瘍

頭蓋内腫瘍はマスク固定と6軸カウチ、またtarget locating system(TLS)により、高精度な治療が、治療開始当初

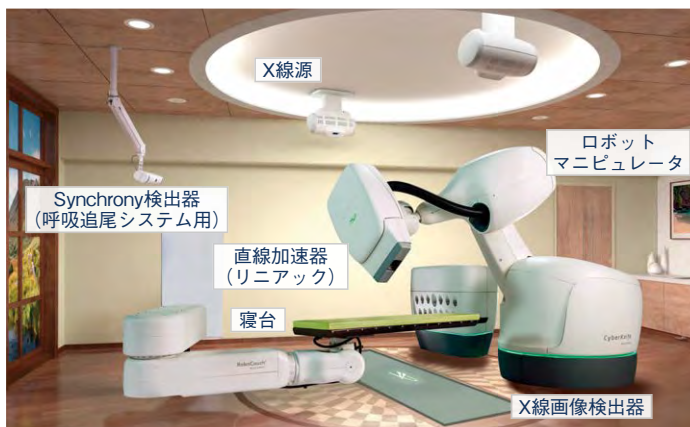


図1 CyberKnife M6シリーズのシステム概要
(画像提供: 日本アキュレイ株式会社)