

2. 「Elekta Unity」MRリニアックシステムの技術的特徴とMR画像誘導即時適応放射線治療 (MR-guided online ART) への期待と課題

宇野 隆 千葉大学大学院医学研究院画像診断・放射線腫瘍学

画像誘導放射線治療 (以下, IGRT) 技術の進歩とともに, MRリニアックが国内にも導入され始めた。従来のCTによるIGRT技術は, 治療開始前に撮影されたCT画像で治療計画を立案し, 照射直前に治療装置の寝台上で取得したCTによる腫瘍位置の確認, あるいは照射中のX線透視またはマーカー追尾などによる間接的な位置確認が基本であった。MRリニアックの登場により, 放射線治療中にコントラスト分解能に優れたMRIによるリアルタイムのbeam-onモニタが可能となった。“放射線治療中の体内が見える化された”画期的なIGRT技術である。がん放射線治療は新たな次元に入り, 臨床において即時適応放射線治療 (online adaptive radiation therapy: online ART) が患者に提供されることとなった。「Elekta Unity」(エレクタ社製) は, フィリップス社製1.5T MRIを搭載した世界初の高磁場MRI一体型高精度放射線治療装置である (図1)。本稿では, その技術的特徴, 今後のonline ARTへの期待と課題などについて記載する。

技術的特徴

Elekta Unityは, 1999年にUniversity Medical Center of UtrechtのLegendijk教授が着想し, 2000年の欧州放射線腫瘍学会 (ESTRO) (イスタンブール) で最初に発表された。その後, 研究開発が続けられ, 20年近くの年月をかけて治療装置が完成した。2018年6月, EUに

おけるCE Markを取得, 同12月に米国食品医薬品局 (FDA) の承認を取得し, 日本では翌2019年5月に製造販売承認を取得した。2020年11月より千葉大学医学部附属病院に設置が開始され, コロナ禍の影響で遅延したが, 治療開始は2021年末の見込みである。

装置の構造は図2のように, 1.5T MRIのマグネットを取り囲むように, その外側にリニアックの大型回転ガントリを備え, マグネトロン, 三極電子銃, Sバンド定在波加速管を配置している。電子銃から放出された電子が加速管に達するように, 主磁場の均一度を維持しつつ, 電子銃を含むドーナツ状の空間の磁場強度がほぼゼロになるように設計されている。マグネット中央部にはスリットがあり, その隙間より治療ビームが照射される構造となっている。ボアの直径は70cmで, 奥行きは132cm。ビームエネルギーはflattening filter free (FFF) 7 MVで, 線源回転軸間距離 (SAD)

143.5cm, 照射野最大径は頭尾側22cm×左右57.4cm, 治療はstep & shoot強度変調放射線治療 (以下, IMRT) によって行われ, 線量率は425 MU/min, ガントリ回転速度は6RPM, MLC/ダイアフラム移動速度は6cm/s, コリメータは90°固定で, 80対のMLCは頭尾方向に駆動する (表1)。T1強調画像, T2強調画像, inversion recovery (IR) 画像, 拡散強調画像および二次元のシネ画像が用意されている。200msごとのMR画像が表示可能で, シネ画像は直交3断面でフレームレートは最大15fps。治療前, そして治療ビーム照射中にリアルタイムMRイメージング (beam-on imaging) を行うことで, 1.5T MRIによるIGRTならびに患者を治療寝台に寝かせたままの状態でのonline ARTが可能となる。

高磁場が電子に与える影響としてelectron return effect (以下, ERE) とelectron streaming effect (以下, ESE)



図1 千葉大学医学部附属病院に設置された1.5T MRリニアック Elekta Unity