

3. MR リニアックにおける臨床的有用性

神宮 啓一 東北大学大学院医学系研究科放射線腫瘍学分野

日本放射線腫瘍学会の「MR画像誘導即時適応放射線治療ガイドライン(2021年版)」¹⁾では、適応放射線治療とは、放射線治療中に腫瘍の縮小や患者の体重変化により、当初の治療計画では標的への線量が不十分になったり、周囲臓器への線量が増加することが懸念される場合に、放射線治療中に取得した患者の三次元医用画像に基づいて新しい治療計画を作成する放射線治療と定義されている。一般的に、これまではコンビームCT(CBCT)上などで明らかな腫瘍サイズ変化や体重減少、閉塞肺の改善などによる大きな変化が生じた時に再計画を行ってきた施設が多いと思われる。残念ながら、視覚的な患者選択の感度は限界がある。頭頸部がんにおいて、臨床的標的体積(CTV)に対し1Gyを超える線量変化を検出できたのは、わずかに22%であった²⁾。

われわれの施設で使用しているMRリニアック「Elekta Unity」(エレクタ社製)では、①adapt-to-positionと②adapt-to-shapeという手法がある。adapt-to-positionとは、従来のリニアックのように腫瘍位置のズレが生じている場合に、線量分布を変化させずに位置をずらす方法である。Elekta Unityは寝台を動かすことができないため、マルチリーフコリメータをズレの分だけ動かして線量分布をずらしている。adapt-to-shapeとは、腫瘍の位置のみならず、形状の変化、周辺臓器の位置や形状の変化にも対応し、コンツェリングや最適化、線量計算を直前にやり直す方法であり、こちらが即時適応放射

線治療となる。当施設では、ほぼ全例でこのadapt-to-shapeを採用している。この理由は、特に正常臓器に腫瘍が近接するような症例では、inter-fractional marginを極力減らすことが必要だからである。

また、そのコンツェリングにおいてもMRI上で輪郭を囲えるため、従来のCBCTに比べて正確に腫瘍の範囲を把握することができる利点がある。これは、特に軟部組織で威力を発揮していると考えられる。

これまでは多少のズレや形状変化が生じて放射線が当たらないということがないように、5mm程度の余裕をもって放射線を当てる範囲を設定してきた。しかし、即時適応放射線治療では、計画標的体積(PTV)マージンはおおよそ3mmで十分であると報告されている³⁾。これにより、腫瘍の周囲の正常組織の被ばくを極限まで低くできることから、より高線量の放射線治療を行うことができるようになった。実際に前立腺がんへの定位放射線治療の第Ⅲ相比較試験にて、CBCT合わせて4mmのPTVマージンを付けた群と、MRI合わせて2mmのPTVマージンを付けた群を比較したところ、grade 2以上の急性期泌尿器系障害が43.4%から24.4%に、grade 2以上の急性期消化器系障害が10.5%から0%に有意に低下している⁴⁾。また、MRリニアックの特長として、照射中の腫瘍の動きを、マーカーレスかつリアルタイムで三次元画像にてモニタリングできる。これによりintra-fractional marginも減らすことができる。

即時適応放射線治療の現況

即時適応放射線治療は、理論的にはあらゆるがんに適応はあるが、東北大学病院では前立腺がんや腎臓がん、肝細胞がん、膵臓がん、オリゴ転移などを対象に使用している。海外のElekta Unityを持つ41施設から成るコンソーシアムによる調査研究でも、治療対象は前立腺が41.6%、リンパ節が13.0%、脳が10.5%の順に多かったと報告されている。また、この調査では、adapt-to-shapeが58.6%の症例で行われ、adapt-to-positionで治療された症例に比べ有意に高度な急性期有害事象が少なかったことも報告され、adapt-to-shape(つまりは即時適応放射線治療)の有用性が示されている⁵⁾。有害事象が減るのは道理であるが、少なくとも治療成績においても、今後、非劣勢あるいは優勢が示されることを期待している。

頭頸部がんにおいても、毎週適応放射線治療を実施する群と標準的な強度変調放射線治療(IMRT)を実施する群との比較試験も行われている。12か月時点の唾液流量を測定したところ、有意差がなかったとされ⁶⁾、放射線による口腔乾燥を抑えるほどの効果はまだ示されていない。頭頸部がんにおいては、どの程度の頻度で再計画するのが適切なかは明確になっていない。例えば、ある研究では、PTVの照射範囲(D95%)で0.2~7.4Gyの線量減少が見られた