Ⅱ Beyond Precision：高精度放射線治療のさらなる展開

9. 頭蓋内の良性疾患に対する定位放射線治療の実際

小林　正人　埼玉医科大学病院脳神経外科

頭蓋内の良性疾患には，腫瘍性病変と血管性病変，三叉神経痛などの機能的疾患が挙げられる。良性腫瘍として代表的なものは，髄膜腫（全脳腫瘍の約27％），下垂体腺腫（同約18％），神経鞘腫（同約10％）で，これらはいずれも定位放射線治療の対象となる。血管性病変で定位放射線治療の適応となるものとしては脳動静脈奇形（AVM），海綿状血管腫，機能的疾患としては三叉神経痛がある。

良性疾患では長期生存も見込めるため，合併症や副反応を生じさせないよう最大限の注意を払う必要がある。画像所見が最重要である定位放射線治療に際し，より安全な治療のために，利用可能な画像はできるかぎり利用する。heavy weighted T2 imageにより動眼神経，外転神経を含む脳神経が，拡散テンソル画像により錐体路が描出可能となる。病変による影響，アーチファクトのため，描出困難な事例・部位もあるが，正常側との比較や正常解剖からの類推なども行い，脳神経や錐体路への悪影響を減じるよう努めている。

定位放射線治療の原理と特徴

頭蓋内病変に対する定位放射線治療装置には，ガンマナイフ，サイバーナイフ，ZAP-Xがある。ガンマナイフは頭蓋骨にフレームをピン固定し，機器に内蔵された約200か所のコバルト線源から照射されるγ線を用いて行う。最近は，サイバーナイフのように，頭頸部に熱可塑性素材によるマスクで頭部を固定する機種もあり，そのような機種では分割照射も容易となる。サイバーナイフは頭部をマスクで固定し，ロボットアームに搭載された小型のリニアック装置から照射される多数のX線ビームを多集束させ治療を行う。いずれも照射の誤差は1mm以内とされている。X線およびγ線の周波数領域は似通っており，効果や副反応もほぼ同様で，有意差はないと報告されている。

定位放射線治療の腫瘍制御の主な機序として，①DNA損傷を介した腫瘍細胞死と②腫瘍微小血管・血管内皮障害による微小循環障害が挙げられるが，良性腫瘍や血管性疾患では②が寄与するところも大きい。血管内皮障害に続いて炎症・凝固反応が誘導され，線維化，血栓形成，血管閉塞が生じて腫瘍の増大を抑制し，縮小効果を得る。AVMでは，血管閉塞が生じてnidusの消失に至る。悪性腫瘍に比較して，治療後の病変の縮小には長期間（1～数年）を要し，また，縮小効果も少ない。よって，治療による神経症状の改善は，悪性腫瘍に対する治療時ほどには期待できない。一方，治療する病変内に照射線量が低い部位が多少あっても，病変の栄養血管の血栓化の進展とそれによる腫瘍・病変の増大抑制も期待できる。

治療計画の作成

サイバーナイフでは頭蓋骨を参照するので，術前に頭部CT撮影が必須である。これに，造影MRIやMRAのデータを治療計画ソフトウエアで融合し，治療計画を作成する。腫瘍や病変の実体であるgross tumor volume（GTV），その臨床的広がりであるclinical target volume（CTV），CTVに患者の動きや装置の誤差などを加えたplanning target volume（PTV）を決定する。良性の脳腫瘍では長期生存が見込める一方で，視神経など脳神経や脳幹，錐体路など，重要な構造が周囲に存在する。晩期的な合併症を防ぐためにも，これらを確実に描出し，照射量を抑制する。

頭蓋内病変は，呼吸や心拍による変位もわずかであり，筆者は良性腫瘍に対しては辺縁を加えず，GTV＝CTV＝PTVとしている。視神経など脳神経や脳幹，錐体路などの危険臓器（organs at risk：OAR）に接している腫瘍では，腫瘍がそれらに接している部分を1～2mmトリミングし，PTVを縮小させている。治療計画では，OARには線量制限を設定するが，晩期障害も懸念して通常の線量制限の60～80％を上限とし，線量制限をより低く（厳しく）設定する。

頭蓋内の各良性疾患に対する治療の実際

頭蓋内の良性疾患で定位放射線治療の適応となる主な疾患は，先述のように，髄膜腫，聴神経腫瘍（前庭神経鞘腫），下垂体腺腫，AVM，海綿状血管腫，三叉神経痛である。これらの疾患は症

〈0913-8919/26/￥300/論文/JCOPY〉